



Facultad de Ingeniería

Ingeniería Industrial

Programa Especial de Titulación:

“Implementación de la Metodología Lean Six Sigma para reducir costos de producción en el proceso de fabricación de transformadores de baja tensión en la empresa NIUSA S.A.C.”

Miguel Angel Castillo Niquen

para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Asesor: Grimaldo Quispe Santivañez

Lima – Perú

2021

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón y alma mi tesis a mi madre Giuliana Niquen por haberme formado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros y objetivos se lo debo a ella incluyendo este. Asimismo, gracias madre querida por orientarme y llevarme al buen camino de la felicidad.

AGRADECIMIENTO

A mi pareja Janice Palomino, siendo mi motivación en mi vida, siendo ella la que me encamina al éxito. Gracias a esa persona que se preocupó por mí en cada momento y que siempre quiso mi felicidad. Te agradezco por todo lo que haces por mí, eres mi inspiración.

A mi padre Willian Castillo, por haberme enseñado que, con esfuerzo, trabajo y dedicación, todo se consigue.

A los colaboradores de la empresa, en especial al gerente general Hernán Durand y a los operarios del área de producción ya que me brindaron todas las facilidades del caso.

Finalmente, a las personas que me ayudaron directa e indirectamente en la elaboración del trabajo en estudio.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS	IV
ÍNDICE DE CUADROS	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
RESUMEN	XVI
SUMMARY.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XVIII
CAPÍTULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	19
1.1 Planteamiento del problema.....	20
1.2 Formulación del problema.....	21
1.2.1 Problema general.....	21
1.2.2 Problemas específicos	21
1.3 Objetivos	22
1.3.1 General	22
1.3.2 Específicos.....	22
1.4 Justificación e importancia	22
1.5 Limitaciones del proyecto	23
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	25
2.1 Antecedentes de investigación.....	26
2.2 Bases Teóricas	31

2.2.1	Definición de procesos -----	31
2.2.2	Mejora de procesos -----	32
2.2.3	Calidad -----	33
2.2.4	Six Sigma -----	33
2.2.4.1	Origen de Lean Six Sigma -----	34
2.2.4.2	Enfoque de Lean Six Sigma -----	35
2.2.5	Lean Manufacturing -----	36
2.2.6	Fases de la Metodología Lean Six Sigma (DMAIC) -----	36
2.2.6.1	Definir -----	37
2.2.6.1.1	Diagrama de proceso -----	37
2.2.6.1.2	Diagrama de análisis del proceso (DAP) -----	38
2.2.6.1.3	Project Charter -----	39
2.2.6.2	Medir -----	40
2.2.6.2.1	Índice de Capacidad del Proceso -----	40
2.2.6.2.2	El indicador Cp; -----	40
2.2.6.2.3	Índice de capacidad real (Cpk) -----	42
2.2.6.2.4	Nivel Sigma -----	43
2.2.6.2.5	SIPOC -----	44
2.2.6.2.6	Value Stream Mapping (VSM) -----	45
2.2.6.3	Analizar -----	46
2.2.6.3.1	Análisis modal falla efecto (AMFE) -----	46
2.2.6.3.2	Diagrama de Ishikawa -----	49
2.2.6.3.3	Diagrama de Pareto -----	50

2.2.6.3.4	Análisis de criticidad-----	50
2.2.6.4	Mejorar -----	51
2.2.6.4.1	Visual Management (VM) -----	51
2.2.6.4.2	Metodología de las 5s -----	52
2.2.6.5	Controlar -----	55
2.2.6.5.1	Gráfico de control -----	56
2.2.6.5.2	Hojas de verificación (Check List) -----	56
2.2.7	Software para Six Sigma -----	57
2.3	Definición de términos-----	57
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO -----		60
3.1	Variables -----	61
3.1.1	Definición conceptual de las variables -----	61
3.2	Metodología-----	61
3.2.1	Tipos de estudio -----	61
3.2.2	Diseño de investigación-----	62
3.2.3	Método de investigación -----	63
3.2.4	Población y Muestra -----	63
3.2.5	Instrumentos y técnicas de recolección de datos-----	64
3.2.6	Técnicas de procesamiento y análisis de datos-----	64
CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA -----		65
4.1	Análisis situacional-----	66
4.1.1	Mapa de procesos-----	67
4.1.2	Organigrama actual de la empresa -----	68

4.1.3	Clientes -----	68
4.1.4	Proveedores -----	69
4.1.5	Competidores -----	69
4.1.6	Productos-----	70
4.1.7	Máquina Rebobinadora -----	70
4.1.8	Materia prima e insumos-----	70
4.1.9	Tipo de producción-----	71
4.1.10	Proceso del producto -----	71
4.2	Alternativas de solución-----	73
4.2.1	Lean Six Sigma (LSS)-----	74
4.2.2	Quick Response Manufacturing-----	74
4.2.3	Administración de la Calidad Total (TQM)-----	75
4.2.4	Justificación de la solución escogida -----	75
4.2.5	Selección de la metodología-----	77
4.3	Solución del problema-----	78
4.3.1	Definir -----	79
4.3.1.1	Diagrama de proceso-----	79
4.3.1.2	Diagrama de análisis de proceso (DAP) -----	80
4.3.1.3	Check List 5s -----	83
4.3.1.4	Check List 8 desperdicios (8D)-----	86
4.3.1.5	Project Charter -----	89
4.3.2	Medir-----	90
4.3.2.1	Nivel Six Sigma (Actual) -----	90

4.3.2.2	Cp y Cpk (Actual)-----	94
4.3.2.3	SIPOC-----	95
4.3.2.4	VSM-----	95
4.3.3	Analizar -----	98
4.3.3.1	AMEF-----	98
4.3.3.2	Diagrama causa-efecto -----	101
4.3.3.3	Diagrama de Pareto-----	102
4.3.3.4	Análisis de criticidad -----	103
4.3.4	Mejorar-----	106
4.3.4.1	Implementación Visual Management -----	106
4.3.4.2	Implementación 5s -----	110
	a) Objetivos de implementación 5S: -----	111
4.3.4.2.1	Etapas 1: Seiri - Seleccionar-----	111
4.3.4.2.2	Etapas 2: Seiton – Ordenar -----	116
4.3.4.2.3	Etapas 3: Seiso – Limpieza -----	118
4.3.4.2.4	Etapas 4: Seiketsu – Estandarizar -----	121
4.3.4.2.5	Etapas 5: Shitsuke – Disciplina -----	123
4.3.5	Controlar-----	124
4.3.5.1	Gráficos de control P -----	125
4.4	Recursos humanos y equipamiento -----	130
4.4.1	Asignación de funciones para la implementación -----	130
4.4.2	Equipamiento para la implementación -----	132
4.5	Análisis económico - financiero -----	133

4.5.1	Evaluación económica de la implementación-----	134
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS-----		141
5.1	Análisis descriptivo de la información relativa a las variables de estudio-----	142
5.2	Análisis teórico de los datos y resultados obtenidos en relación con las bases teóricas de la investigación -----	151
5.3	Análisis de la asociación de variables y resumen de las apreciaciones relevantes que produce -----	158
CONCLUSIONES -----		160
RECOMENDACIONES -----		162
BIBLIOGRAFÍA -----		163
ANEXOS -----		170

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	AMFE: Ecodiseño de un termoplástico	46
Cuadro 2	Criterios de ventajas competitivas	76
Cuadro 3	Project Charter NIUSA S.A.C.	89
Cuadro 4	SIPOC NIUSA S.A.C.	95
Cuadro 5	Matriz AMEF antes de implementar la metodología LSS	100
Cuadro 6	Lista de áreas críticas.....	112
Cuadro 7	Responsable del área identificada.....	116
Cuadro 8	Cronograma de limpieza.....	119
Cuadro 9	Formato de seguimiento de las 5s.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Categorías de la Capacidad del proceso	42
Tabla 2 Tabla de nivel sigma.....	44
Tabla 3 Criterios de valoración del factor severidad	47
Tabla 4 Criterios de valoración del factor ocurrencia	47
Tabla 5 Criterios de valoración del factor detección	48
Tabla 6 Puntuación de la matriz de priorización	76
Tabla 7 Matriz de priorización.....	77
Tabla 8 Tiempo total de los procesos de fabricación de transformadores B.T. antes de la implementación de las acciones de mejora.....	82
Tabla 9 Tabla de costos de los procesos de fabricación de transformadores B.T. antes de la implementación de las acciones de mejora	83
Tabla 10 Check List 5s, enero	84
Tabla 11 Guía de calificación del Check List 5s.....	85
Tabla 12 Resultado del Check List 5s, enero	85
Tabla 13 Check List 8 desperdicios, enero	87
Tabla 14 Resultado del Check List 8 desperdicios, enero	88
Tabla 15 Tabla de conversión Six Sigma.....	90
Tabla 16 Cantidad de transformadores por lotes antes de la implementación de las acciones de mejora.....	91
Tabla 17 Factores que afectan al proceso de laminado.....	102
Tabla 18 Tabla de factores ponderados para el análisis de criticidad	104
Tabla 19 Tabla de resultados del análisis de criticidad	105
Tabla 20 Presupuesto Visual Management	110
Tabla 21 Datos recopilados antes de la implementación LSS para la elaboración del gráfico de control P	126
Tabla 22 Datos recopilados después de la implementación LSS para la elaboración del	

gráfico de control P	128
Tabla 23 Presupuesto de la implementación 5s	130
Tabla 24 Costo de implementación 5s y VM.....	133
Tabla 25 Gastos de personal Niusa S.A.C.	134
Tabla 26 Descripción de los costos anuales para el desarrollo del flujo de caja	135
Tabla 27 Flujo de caja proyectada actual sin la implementación LSS.....	136
Tabla 28 Flujo de caja proyectada con la implementación LSS	137
Tabla 29 Análisis económico comparativo de la situación actual vs situación con implementación de LSS	138
Tabla 30 Flujo de caja proyectada anual al implementar LSS	139
Tabla 31 Gastos en materias primas defectuosas antes y después de la implementación Lean Six Sigma.....	142
Tabla 32 Check List 5s antes y después de las acciones de mejora	147
Tabla 33 Puntaje del Check List 5s antes y después de las acciones de mejora.....	148
Tabla 34 Check List 8 desperdicios antes y después de la implementación	149
Tabla 35 Puntaje en relación al Check List 8 desperdicios antes y después de las acciones de mejora.....	150
Tabla 36 Tiempo de proceso de fabricación de transformadores antes y después de emplear la metodología Lean Six Sigma.....	153
Tabla 37 Cantidad de transformadores por lotes después de la implementación	154
Tabla 38 Presupuesto de la tesis.....	173

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Procedimiento de un proceso.....	31
Figura 2	Proceso Iterativo DMAIC.....	37
Figura 3	Diagrama de procesos	38
Figura 4	Diagrama de análisis del proceso de una empresa industrial de calcetines	39
Figura 5	Procedimiento Cp.....	41
Figura 6	Ejemplo de una matriz SIPOC.....	45
Figura 7	Diagrama de Ishikawa.....	49
Figura 8	Diagrama de Pareto de una empresa Retail.....	50
Figura 9	Matriz de criticidad	51
Figura 10	Visual Management para la planificación y control en una construcción	52
Figura 11	Ejemplo de un gráfico de control	56
Figura 12	Mapa de procesos de la empresa	67
Figura 13	Organigrama de la empresa Niusa S.A.C.....	68
Figura 14	Lámina monofásica de hierro Silicoso I y E.....	72
Figura 15	Herramientas de apoyo (DMAIC)	79
Figura 16	Diagrama de procesos	80
Figura 17	Diagrama de análisis del proceso de fabricación de transformadores antes de la implementación de las acciones de mejora.....	81
Figura 18	Gráfico radial de los resultados del Check List 5S, enero.....	86
Figura 19	Gráfico radial de los resultados del Check List 8D, enero	88
Figura 20	Transformador de baja tensión Niusa S.A.C.	92
Figura 21	Nivel Sigma antes de implementación de las acciones de mejora.....	93
Figura 22	Nivel Cp y Cpk antes de la implementación de las acciones de mejora	94
Figura 23	VSM antes de implementar la metodología LSS	97
Figura 24	Diagrama Causa - Efecto de la empresa Niusa S.A.C.....	101
Figura 25	Diagrama de Pareto en relación de la cantidad de desperdicios en kg.....	103

Figura 26 Matriz de criticidad	105
Figura 27 Visual board de las 5s (Definición y fases)	107
Figura 28 Visual board Kanban y diagrama de Pareto en relación a los factores que afectan a la materia prima	108
Figura 29 Indicaciones para el manejo y control de mercancías	108
Figura 30 Señaléticas para el uso de equipo de protección personal.....	109
Figura 31 Visual Board de los Check List realizados en el mes de enero de las 5s y 8d	109
Figura 32 Flujo para clasificación de materiales.....	112
Figura 33 Tarjeta roja 5s	113
Figura 34 Registro de necesarios.....	114
Figura 35 Registro de innecesarios.....	114
Figura 36 Antes y después de la primera fase de las 5s	115
Figura 37 Diagrama de localización por constancia de uso.....	117
Figura 38 Antes y después de la implementación 5s fase: ordenar.....	117
Figura 39 Clasificación de alambres de cobre y láminas de hierro silicoso en el almacén 101	118
Figura 40 Ejecución de limpieza en las paredes del almacén	120
Figura 41 Limpieza de estantes de metal.....	120
Figura 42 Gráfica de Control P antes de la implementación.....	127
Figura 43 Gráfica de control después de la implementación LSS.....	129
Figura 44 Gestión de roles del equipo Lean Six Sigma	131
Figura 45 Gráfica de control P antes y después de las acciones de mejora.....	144
Figura 46 Resultados de la encuesta antes de la implementación Lean Six Sigma	145
Figura 47 Resultados de la encuesta después de la implementación Lean Six Sigma.....	146
Figura 48 Gráfico Radial 5s antes y después de las acciones de mejora	148
Figura 49 Gráfico Radial 8 desperdicios antes y después de las acciones de mejora ..	150

Figura 50 Diagrama de análisis de proceso después de emplear la metodología Lean Six Sigma	152
Figura 51 Procedimiento de las acciones de mejora en el almacén de láminas de hierro silicoso y alambres de cobre.....	153
Figura 52 Nivel Sigma antes y después de la implementación	155
Figura 53 Valor Cp y Cpk antes y después de la implementación	156
Figura 54 VSM después de implementar la metodología en la empresa Niusa S.A.C..	157
Figura 55 Encuesta de trabajo de tesis (antes)	170
Figura 56 Encuesta de trabajo de tesis (después)	171
Figura 57 Guía de Limpieza 5s	172
Figura 58 Cronograma de tesis.....	174
Figura 59 Capacitación Lean Six Sigma (DMAIC)	175
Figura 60 Acta de capacitación Lean Six Sigma	176
Figura 61 Acta de autorización de recopilación de datos	177
Figura 62 Acta de reunión para la selección de la metodología	178

RESUMEN

La presente tesis se basa en la investigación realizada en la empresa NIUSA S.A.C., la cual se dedica a la fabricación y comercialización de transformadores de baja tensión. En los últimos tres años, se ha presentado altos costos de producción y la empresa no tiene conocimiento de las herramientas necesarias para detectar cuáles son las causas. Por ello, se realizó un diagnóstico con el propósito de conocer el funcionamiento de la empresa. Diagnóstico que evidenció y permitió determinar cuál fue la causa de los altos gastos de producción. Posteriormente, se implementó la metodología Lean Six Sigma (LSS) para identificar las causas que generan humedad, mala gestión de materiales y mal manejo de inventarios en las áreas de trabajo para darles solución. En este contexto, se cumple con el desarrollo de un proceso que implica un conjunto de etapas en una secuencia ordenada: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar respecto a sus siglas (DMAIC).

El tipo de investigación es de nivel explicativo – experimental. Gracias a la implementación LSS, se determinó que, las causas que generaban altos costos de producción eran debido al salitre, el cual oxidaba a las láminas de hierro silicoso; la falta de control de calidad de la materia prima y el inventario mal realizado ocasionaban perdidas de materiales debido a que no había un seguimiento y monitoreo de la materia prima. De igual importancia, no había un plan de mantenimiento de los espacios de trabajo. Asimismo, mencionar que esto ocurrió en el almacén 101 (almacén de láminas de hierro silicoso y alambres de cobre). Por otra parte, se implementó el uso de herramientas como Pareto, Ishikawa, VSM, DAP, 5s, entra otras más para amortiguar el problema. Gracias a la implementación, se lograron mejoras y controles necesarios para prevenir las causas que generan el bajo porcentaje de utilidades. Finalmente, se sugiere realizar de manera permanente capacitaciones adecuadas para proseguir con la mejora y desarrollo de la empresa.

Palabras claves: Lean Six Sigma, transformadores de baja tensión, costos de producción, deficiencia, DMAIC.

SUMMARY

This thesis is based on the research carried out in the company NIUSA S.A.C., which is dedicated to the manufacture and commercialization of low voltage transformers. In the last three years, there have been high production costs and the company does not have knowledge of the tools necessary to detect what the causes are. Therefore, a diagnosis was made in order to know the operation of the company. Diagnosis that showed and allowed to determine what was the cause of the high production costs. Subsequently, the Lean Six Sigma (LSS) methodology was implemented to identify the causes that generate humidity, mismanagement of materials and mismanagement of inventories in the work areas to solve them. In this context, the development of a process that involves a set of stages in an orderly sequence is fulfilled: Define, Measure, Analyze, Improve and Control with respect to its acronym (DMAIC).

The type of research is explanatory - experimental level. Due to the LSS implementation, it was determined that the causes that generated high production costs were saltpeter, which oxidized the silico iron sheets; the lack of quality control of the raw material and the poorly carried out inventory caused the loss of materials due to the lack of follow-up and monitoring of the raw material. Equally important, there was no maintenance plan for the workspaces. Likewise, it should be mentioned that this occurred in warehouse 101 (warehouse for silico iron sheets and copper wires). On the other hand, the use of tools such as Pareto, Ishikawa, VSM, DAP, 5s, among others, was implemented to cushion the problem. Thanks to the implementation, improvements and necessary controls were achieved to prevent the causes that generate the low percentage of profits. Finally, it is suggested to permanently carry out adequate training to continue with the improvement and development of the company.

Keywords: Lean Six Sigma, low voltage transformers, production costs, deficiency, DMAIC.

INTRODUCCIÓN

En la empresa NIUSA S.A.C., se ha identificado y analizado las diversas causas en los procesos de fabricación de transformadores, que influyen desfavorablemente en la calidad de los productos; en este caso, en la familia de transformadores de baja tensión. Estos aspectos dificultan la productividad y rentabilidad de la empresa. Por lo tanto, la finalidad de esta investigación, es identificar y monitorear estas no conformidades con el objetivo de descartarlas y así minimizar la variabilidad de los procesos. Por ello, se implementa la metodología Lean Six Sigma (LSS) con el fin de disminuir el número de desperdicios el cual tiene relación con los costos de producción y culturizar a la empresa con esta metodología. LSS se enfoca en la reducción de variaciones, solucionar problemas y en la innovación. Puede mejorar rápidamente procesos, ya que ofrece beneficios como la identificación de desperdicios, mejora la velocidad de los procesos, también se direcciona para la toma de decisiones de manera rápida. Esta metodología necesita de la herramienta DMAIC la cual está orientada a la mejora de procesos. Además, se mostrará la utilización de herramientas basadas en la mejora continua y de procesos como 5S, AMFE, Pareto, diagrama causa-efecto, etc. Las empresas consideran que usar esta metodología es el principal y más valioso recurso que pueden tener en cuenta para alcanzar sus objetivos y metas trazadas. El motivo de este trabajo de investigación, es demostrar que, al emplear la metodología LSS, se obtiene resultados óptimos en los procesos y en la reducción de costos, mejorando de manera continua la calidad de los transformadores B.T., logrando también de esta manera, el cumplimiento de las exigencias de calidad de los clientes.

CAPÍTULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Uno de los problemas más impactantes que afronta el sector eléctrico a nivel internacional son los altos costos de producción debido a la acumulación de desperdicios de la materia prima. En algunos casos, las empresas no cuentan con las herramientas de calidad para amortiguar en la causa, asimismo, no toman prioridad al control de la mercancía. Existen otros factores como contaminantes higiénicos (agentes químicos y biológicos), la mala gestión de materiales y las instalaciones mal ubicadas, las cuales ocasionan altas pérdidas en las utilidades, generando la necesidad de buscar e implementar herramientas o metodologías que ayuden a eliminar las causas, garantizando un aumento en la rentabilidad. Por otro lado, hay empresas que llegan a amortiguar el problema; sin embargo, esto es de manera momentánea, ya que, no cuentan con un plan de control para mantener la mejora estable.

Referenciado al contexto nacional, en el Perú, las empresas en el sector eléctrico no priorizan implementar una metodología que pueda mejorar sus procesos y les ayude a reducir costos de producción, ya sea por desconocimiento de las herramientas de mejora continua o porque buscan algo práctico que pueda resolver sus necesidades en el momento (corto plazo). Hasta cierto punto, es beneficioso implementar una gestión respecto a la calidad de los productos, pero también se debe tener en cuenta la planeación estratégica a largo plazo para disminuir costos y desperdicios a la hora de fabricarlos. Por otro lado, las empresas no tienen una visión clara de sus objetivos y alcances, debido a la falta de compromiso y cultura organizacional. Si no hay un orden y un plan de control, las empresas no lograrían los objetivos proyectados y solo trabajarían con el sobrecosto acostumbrado.

La empresa en estudio es NIUSA S.A.C., la cual se dedica a la fabricación de transformadores de baja tensión, media tensión y alta tensión. En este caso, nos

enfocaremos en los transformadores de baja tensión. El problema principal de la empresa son los costos de producción, debido a las evidencias observadas sobre los desperdicios. Estos desperdicios son causados por complicaciones que existen en el proceso mayormente de control y gestión de los recursos del almacén. De igual importancia, la humedad es uno de los problemas que afectan la vida útil de la materia prima, la cual genera salitre en los espacios de trabajo. Dicha sustancia, afecta en las láminas de hierro silicoso dejándolas oxidadas. Esta materia prima es la que mayor porcentaje de no conformidades presenta en la empresa, dejándola en muchos casos inservible. Igualmente, no hay un protocolo de limpieza para los espacios de trabajo. Asimismo, el personal no cuenta con las prácticas y métodos necesarios para llevar a cabo un control en el almacén de láminas y alambres de cobre. Los gastos en relación a los desperdicios ascendieron a un total de S/. 7,138.21 en gastos mensuales y en costos anuales, a un total de S/. 85,658.48. Finalmente, la empresa NIUSA S.A.C. no cuenta con las herramientas o metodologías necesarias para fortalecer y mejorar el aprovechamiento de los recursos, lo cual impacta desfavorablemente en la rentabilidad de la empresa.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo la metodología Lean Six Sigma reducirá costos de producción en el proceso de fabricación de transformadores de baja tensión en la empresa NIUSA S.A.C.?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el diagnóstico del proceso productivo en la empresa NIUSA S.A.C.?
- b) ¿Cómo reducir los desperdicios en el almacén de láminas de hierro silicoso mediante la metodología 5s?
- c) ¿Cuáles son los resultados económicos al aplicar Lean Six Sigma en la empresa NIUSA S.A.C.?

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Implementar la metodología Lean Six Sigma para reducir costos de producción en el proceso de fabricación de transformadores de baja tensión en la empresa NIUSA S.A.C.

1.3.2 Específicos

- a) Determinar mediante un diagnóstico el proceso productivo de la empresa NIUSA S.A.C.
- b) Reducir los desperdicios en el almacén de láminas de hierro silicoso mediante la metodología 5s.
- c) Determinar los resultados económicos al aplicar la metodología Lean Six Sigma en la empresa NIUSA S.A.C.

1.4 Justificación e importancia

La presente tesis, se basa en la implementación de la metodología Lean Six Sigma, la cual sigue una serie de pasos mediante la herramienta DMAIC, con el fin de conocer mediante estudios y diagnósticos, si el proceso es capaz de producir productos de manera adecuada, analizar el contexto de la organización, identificar sus necesidades y amortiguar la problemática de la empresa. Asimismo, se requiere ejecutar un seguimiento y levantamiento de información en relación a los desperdicios producidos en las áreas de trabajo. La elaboración de gráficos de control y Check List ayuda a mantener en equilibrio las mejoras aplicadas. Del mismo modo, esta investigación será de gran utilidad para empresas del sector eléctrico o que se dediquen al cuidado de materiales, ya que, el objetivo de este trabajo de tesis es identificar los factores que afecten a la materia prima, analizar las causas, eliminarlas y controlarlas. Igualmente, mostrar los beneficios que se pueden lograr al aplicar la metodología Lean Six Sigma en las industrias en relación a la reducción de costos de producción.

1.5 Limitaciones del proyecto

La presente investigación fue desarrollada en el contexto de la pandemia causada por el virus COVID-19; por tanto, se derivaron dificultades que produjeron la reprogramación de actividades. Las limitaciones para el desarrollo de la investigación fueron de distinta naturaleza.

Existió un estricto control como medida de protección para el personal de la empresa. Los trabajadores en condición de riesgo, predispuestos a complicaciones en caso de contagio por covid-19, como adultos mayores, o con hipertensión, entre otras condiciones de salud, solo asistían si su participación en la empresa era indispensable. Por tanto, no siempre se contaba con la información requerida de manera oportuna, ya que trabajadores clave (encargados de proporcionar la información necesaria para la investigación) asistían en determinadas ocasiones, y no siempre programadas con anticipación. Además, se otorgó al personal licencias por enfermedad, con la consecuente dificultad para la continuidad de las operaciones.

La capacitación al personal en el contexto de la metodología empleada en la investigación, se realizaba en grupos reducidos o se postergaba hasta la asistencia del número de trabajadores programados.

Además, se mantenía el distanciamiento social entre los empleados, y solo se usaban espacios con ventilación adecuada; lo que nos exigía cumplir con un grupo asignado a un turno, y esperar el siguiente. Situación que implicaba varias horas extra que superaban las planificadas. El escalonamiento de los turnos de los empleados, generó al investigador una inversión de tiempo mucho mayor que la prevista.

Considerando la disminución de ventas de la empresa, los empleadores decidieron

priorizar la atención a sus clientes en una importante transacción, por lo que acudió al local mayor personal para atender el pedido del producto, pero se postergó la compra de materiales para la fase de mejora, como estantes, pintura, sellos, pues el objetivo era que el máximo personal posible se dedicara a la producción de los transformadores.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

A) Autor: Delgado López, Emerson

Tesis: Propuesta de un plan para la reducción de la merma utilizando la metodología Six Sigma en una planta de productos plásticos – (2015) Pontificia Universidad Católica del Perú

Delgado (2015), implementó la metodología Six Sigma para la reducción de scrap en una empresa de fabricación de plásticos. Mediante un diagnóstico, se encontró 21% de scrap teniendo una gran distancia con el objetivo que era el 5%. Debido a que la empresa no ha implementado alguna metodología para encontrar las fallas en el área de producción; gracias al apoyo de la gerencia y la alta dirección, se realizó un plan piloto mediante el desarrollo del método DMAIC con ayuda de herramientas como FMEA, Pareto 80-20, entre otros más. Mediante el análisis y diagnóstico que se realizó con el equipo Green Belt y el grupo de calidad, se pudo identificar las causas ocasionadas por el factor máquina, como la falla de calefacción del barril, caída de la presión del agua helada y el desgaste de barril y/o tornillo. Esto debido a que no han realizado un plan de mantenimiento preventivo en las maquinarias. Además, se pudieron encontrar causas por mano de obra como la falta de limpieza de los sacos de resina, la mala manipulación de las válvulas de ingreso de agua y la falta de capacitación de los colaboradores ya que algunos no mostraban un compromiso adecuado. Un hallazgo importante fue que los trabajadores no tenían una capacitación adecuada respecto al uso de las máquinas y los métodos de trabajo. Por ese mismo motivo, la gerencia y los demás participantes desarrollaron capacitaciones respecto al uso de máquinas, gestión ambiental y salud en el trabajo. Luego de implementar Six Sigma, se pudo obtener resultados positivos, haciendo una caja de flujo neto del proyecto, manteniendo en control las mejores indicadas y ejecutando los planes preventivos, el proyecto sería rentable con un VAN de \$260,879.84 ya que antes de implementar Six Sigma se indicó que tenían pérdidas anuales de \$700,000.00 Por último, se concluyó que,

se requiere del compromiso de los trabajadores del área de producción y de la alta dirección para tener éxito en la implementación.

B) Autor: Calderón Carrillo, José Iván

Tesis: Implementación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la productividad en una empresa de plásticos – (2020) Universidad Ricardo Palma

Calderón (2020) mostró el impacto que puede ofrecer al implementar la metodología LSS en una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de planchas y conectores. Uno de los problemas identificados fue el exceso de merma que oscilaba entre 10000 a 12000 kilogramos de resina de MP. El kilogramo de resina de policarbonato tiene un costo de 2.2 a 2.5 dólares americanos. La merma y los desperdicios generadores en la empresa se debieron a la falta de capacitación y conocimiento en abastecimiento por parte del personal, ya que se presentan confusiones en los abastecimientos de lotes, largo tiempo en la entrega de MP, motes vencidos en mal estado, etc. Luego de realizar un estudio de las fallas que están sucediendo en la empresa, junto con el apoyo de la alta dirección de calidad, se propone implementar la metodología Lean Six Sigma usando las respectivas herramientas como DMAIC, 5S, entre otras. Finalmente, luego de implementar la metodología, se logró mejorar la productividad en un 7% y una reducción de mermas en el producto de MT, reduciendo 60 gramos de MP por cada kilogramo de PT, y también se ayudó a que los colaboradores tuviesen un mejor conocimiento de los procesos gracias a las capacitaciones que se programaron periódicamente.

C) Autor: Morales, Ana Rosaura

Artículo científico: Aplicación de metodología lean seis sigma para la reducción de defectos en la producción de lentes dentro de la empresa Formula Plastics de México S. A de C. V. En Tecate B. C. - (2017)

El presente artículo científico desarrollado por Morales (2017), se basó en la empresa

Formula Plastics, la cual pasa por problemas de rentabilidad debido a la mala calidad, la variación en los procesos y tiempos muertos en la producción de lentes. Por ello, la empresa acude a la implementación LSS para amortiguar las causas y conocer el estado actual de la empresa mediante herramientas estadísticas para medir el PPM'S. Por consiguiente, por medio de herramientas lean como el diagrama causa-efecto, se observó que la causa que más afectaba el desarrollo del producto fue el bajo control de calidad debido a la falta de compromiso y conocimiento de los operarios para actividades de inspección y seguimiento de los lentes. Asimismo, no existía información respecto al mantenimiento preventivo del molde ni las indicaciones necesarias para mantenimientos a futuro plazo. Por último, se logró el objetivo deseado gracias a la implementación LSS por medio de actividades como la realización de 3 instrucciones de entrenamiento para el personal, 3 matrices de entrenamiento para ensamblaje y calidad, entre otros más. LSS ayudó a reducir un 85% de PPM el cual equivale a \$27,092.00 dólares en un periodo de tiempo de 1 año ya que, en años pasados había gastos mayores de un total de \$30,569.00 dólares. No solo se obtuvo resultados óptimos en el PPM sino también en el entrenamiento del personal y en el clima laboral.

D) Autor: Medina Escudero, Ana María

Tesis: Aplicación de la metodología Six Sigma para reducir la merma de Scrap en el proceso de fabricación de sacos de polipropileno - (2018) Universidad Nacional Mayor de San Marcos

El objetivo de la investigación que realizó Medina (2018), fue estudiar los acontecimientos y problemas que existieron en una empresa dedicada a la de fabricación de sacos de polipropileno, donde la empresa presentaba altos gastos debido al aumento de merma que se generaron en el año 2016, obteniendo como resultado 5.5% de mermas y en los siguientes semestres el 5%. Del mismo modo, se realizó un diagnostico para conocer la situación que pasaba la empresa. Dicha empresa había realizado capacitaciones e

inducciones al personal para evitar estos gastos, pero no había un cambio en la mejora. Por ello, la gerencia recurrió a la realización de un proyecto con el fin de implementar las herramientas adecuadas para la eliminación de estos incidentes generados en la empresa y entender cuáles eran los factores que afectaban la rentabilidad. Por consiguiente, se propuso implementar la Metodología Six Sigma bajo la metodología DMAIC para identificar cuáles fueron las causas y dar el paso de solución. Por medio del uso herramientas de calidad y las reuniones programadas con los operarios, se pudo determinar que, los factores que estuvieron generando merma fueron el mal estado de las extrusoras ya que, no había un plan de mantenimiento preventivo de las máquinas. Además, un factor importante fue el desconocimiento de las operaciones y de la limpieza de la extrusora por parte del personal. Finalmente, el plan de mejora que se realizó y que tuvo éxito fue el desarrollo de capacitaciones respecto al uso de la máquina extrusora y de telares. Asimismo, al implementar la metodología, se pudo reducir el tiempo de ciclo y nivel de merma en 1.2%, dando como resultado, un nivel de merma de 3.8% siendo un ahorro de \$59,295.00 para la empresa.

E) Autor: Monti Vieira, Isabele Leite

Artículo científico: Desafios do Lean Seis Sigma na indústria de bebidas - (2018)

En este estudio, Monti (2018), identificó cuáles son los requerimientos para implementar la metodología LSS en una industria de bebidas. El estudio señaló que, las causas encontradas en esta organización fueron la falta de apoyo gerencial, falta de formación, elección del equipo, comprensión de la metodología, falta de recursos y aceptación al cambio. Por ello, se llevó a cabo un estudio en el embotellador de una empresa, el cual, mostró que, si es que no se implementara la metodología de manera organizada, con compromiso y seguimiento, solo se generaría una pérdida de tiempo y de recursos. Se buscó entender cuáles son los desafíos para el uso de LSS en las industrias de bebidas. Además, se encontró que, para que el programa genere los beneficios y resultados

esperados, es fundamental que LSS esté estructurado con el método DMAIC y el uso de herramientas de calidad. También fue necesario el apoyo de la alta dirección, para aclarar los objetivos y metas a cumplir. Aparte de involucrar y realizar las capacitaciones requeridas a todos en la organización para minimizar posibles barreras, el programa requirió de un alto nivel de gestión al cambio. Por otra parte, no se realizaban las capacitaciones adecuadas para los operarios y no tenían desarrollado un plan de mantenimiento de los equipos; en efecto, tuvieron como consecuencia el aumento de riesgos de pérdida de tiempo y recursos. Por último, los autores concluyeron (a través de entrevistas y encuestas) las dificultades que impiden a que se ejecute esta implementación, eran la falta de compromiso de la gerencia y la alta dirección de calidad.

F) Autor: De Queiroz Santos, Antonio Carlos

Artículo científico: Sigma Level Verification of a Thermoplastic Industry with the Support of DMAIC Method - (2015)

En este artículo científico, De Queiroz (2015), presentó este estudio con el fin de mostrar los logros obtenidos mediante la implementación LSS con el enfoque DMAIC para la mejora de procesos en la línea de inyección por moldeo de una empresa de fabricación de tenedores. Para lograr el nivel óptimo deseado, se realizaron entrevistas al personal para conocer cómo va funcionando el sistema de producción. Asimismo, se pudo definir el problema principal el cual era la generación de retrabajo por el proceso de producción de las horquillas a causa del material contaminado y material quemado por motivo del tiempo máximo en el molde de inyección. Realizando un análisis de las fallas en los tenedores que produce la empresa, se entendió que el problema era la falta de mantenimiento de la maquina y falta de conocimiento de uso de la misma. Por lo tanto, el desarrollo de este estudio, ayudó a una reevaluación de la gestión y control de calidad en la industria, llegando a aplicar las herramientas de mejora continua necesarias y en realizar las inspecciones cualitativas al recibir las materias primas por muestreo. Además, se debe

mantener las propuestas y planificaciones requeridas para mantener el nivel óptimo sigma. Sin embargo, se debe contratar profesionales calificados que puedan orientar a los demás colaboradores respecto a la máquina de inyección por moldeo. Por último, los autores confirman que Lean Six Sigma demuestra ser una estrategia que brinda buenos resultados con el fin de evitar la variación de los procesos.

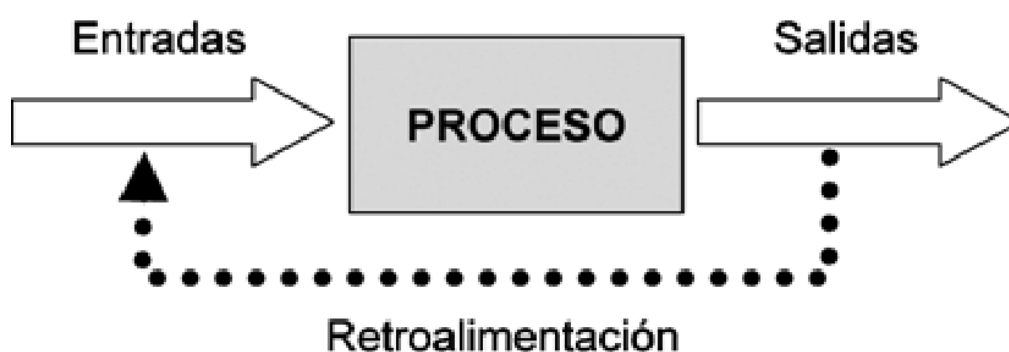
2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Definición de procesos

Un proceso es un sistema integrado, un conjunto de actividades que interactúan entre sí y que implican ciertos elementos básicos en fases de entrada, proceso y salida. El objetivo del proceso es transformar una cantidad de materiales en un producto respecto a la necesidad de las personas y al mismo tiempo, estar alineados a la visión de las metas estratégicas (Cantón, 2010). Por consiguiente, mostraremos de manera gráfica cómo trabaja un proceso:

Figura 1

Procedimiento de un proceso



Nota. Conjunto de actividades que agregan valor a las entradas con el fin de generar una salida. Tomada de (Ernesto, 2008)

Características esenciales de todo proceso son:

- **Variabilidad del proceso:** En el momento que se repite el proceso, hay leves

variaciones en la cadena de actividades efectuadas, las cuales generan variabilidad en el producto terminado, a causa de la mala manipulación de los recursos y/o la falta de mantenimiento de las máquinas que puedan afectar en la estructura del producto.

- **Repetitividad del proceso:** Los procesos son actividades que producen un resultado los cuales deben ser repetidos. Esta peculiaridad de repetitividad otorga trabajar sobre el proceso con el fin de poder entenderlo y darle las mejoras adecuadas:
 - Cuando hay más repeticiones, los operarios tienden a tener más experiencia.
 - Es necesario invertir tiempo en visualizar y mejorar los procesos ya que, así podemos visualizar las fortalezas y debilidades del mismo.

2.2.2 Mejora de procesos

La mejora de procesos es necesaria para las empresas en un entorno de alta competitividad del mercado. La determinación y estudio de los procesos que logran ser mejorados, extrayendo una comprensión de los procesos de manera eficiente y eficaz, ayuda a las empresas a disminuir los errores y a impactar más en el mercado, ofreciendo un producto o servicio de calidad a sus consumidores. Uno de los pasos más importantes es identificar los problemas que estén afectando a los procesos mediante herramientas de calidad con el fin de mejorarlos. Asimismo, para mantener esas mejoras, se debe establecer los controles necesarios para prevenir alguna caída o desbalance que pueda afectar la calidad de los productos o servicios. Actualmente, estas actividades y especialidades como herramientas Lean (5s, Kanban, Poka Yoke, etc.), los sistemas integrados de gestión de calidad, entre otras más, son muy requeridas y pedidas en el mercado laboral para todo tipo de sector industrial.

2.2.3 Calidad

La calidad es el cumplimiento de las especificaciones y atributos que impactan en los productos y servicios los cuales son trabajados por toda la organización. La calidad es un diferenciador importante entre las ofertas del mercado y las de sus competidores (la diferencia de calidad es reconocido como brecha de calidad). Este producto debe ser de un costo accesible y económico para los consumidores, de manera que sea útil y agradable.

De otra manera, E.W. Deming (1988) determinó que, el concepto de calidad, está relacionado al grado previsible de uniformidad y fiabilidad a precios bajos, en base a la mejora continua.

2.2.4 Six Sigma

Six Sigma es precisado como un método cuya función es la reducción de desperdicios por medio de la identificación de fundamentos de variación y de eliminación de las mismas encontradas en los procesos. Su objetivo es crear valor de calidad para el consumidor. Esto encaminará a que las industrias comprendan lo que es importante para la mejora continua de sus procesos, priorizando el rendimiento y calidad del producto final, lo que en consecuencia aumentará la satisfacción del cliente (Su y Chou, 2008).

Por otro lado, Naumann y Hoisington (2001), determinaron que, la definición de Six Sigma es el progreso de una manera moderada de calibrar, monitorear y dar seguimiento al desempeño de los objetivos y alcances de mejora.

De acuerdo con Michael (2002), quien creó una tabla para medir y describir un proceso mediante un nivel sigma, relata que, Six Sigma es conveniente y necesario para determinar y minimizar la variabilidad que puede ser encontrada en los procesos.

Citando a, Escalante (2003), indica que, Six Sigma exige también a los equipos y personal profesional con experiencia en toma de decisiones y liderazgo para lograr las mejoras. En algunos casos, la estadía de los líderes que trabajan en un proyecto, puntualizará el logro de la realización del método mencionado.

2.2.4.1 Origen de Lean Six Sigma

Six Sigma fue anunciado en el año 1988 por la compañía Motorola. Gracias a ello, tuvieron un inmenso nivel de reputación ya que ganaron el premio a la excelencia Malcom Baldrige. Fue dirigida por el padre de Six Sigma Bill Smith con ayuda del ejecutivo estadounidense Bob Galvin. La función de este plan fue reducir las variaciones que fueron encontradas en los procesos hasta obtener 3,4 defectos por millón de oportunidades. Lamentablemente, Bill Smith murió en el año 1993 justo cuando su método Six Sigma estaba en la fama. Por otro lado, para la reducción de variaciones y obtener el DPMO requerido, se tuvo que trabajar con diferentes métodos estadísticos como los gráficos de control y ANOVA. Además, se usó otras herramientas estadísticas como el QFD, AMEF, 7M, entre otros sistemas de gestión de procesos. “El gran mito es que Six Sigma se refiere al control de calidad y las estadísticas; es mucho más que eso, conduce a que, el liderazgo sea mejor porque proporciona herramientas para analizar los temas difíciles.” (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009, citado en Mallqui, 2018, pp. 11).

Asimismo, Chase, Jacobs y Aquilano (2009), indicaron que, a lo largo de 10 años, General Electric ha sido impulsor importante de Six Sigma. De igual importancia, se muestra una lista de los beneficios y resultados del uso de Six Sigma en las siguientes organizaciones líderes:

Motorola

- Reducción del 99.7% en los defectos de los procesos.
- Reducción de costos de manufactura en \$11, 000, 000, 000.00.
- Incremento de la producción en un 12.3%.

Allied Signal

- Minimización de costo en una cantidad de \$1, 400, 000, 000.00.
- Aumento del precio por acción de 520%.
- Reducción de tiempos de producción en un 16% de nuevos productos.

General Electric

- Ahorro de \$1, 500, 000, 000 en 1999 solo con el uso de Six Sigma.
- Utilidades esperada anual superiores a \$6, 000, 000, 000.00.
- Aumento del precio de las acciones por cada año en un 40%.

2.2.4.2 Enfoque de Lean Six Sigma

López (2011), nos menciona que, Lean Six Sigma se basa en un enfoque revolucionario de gestión, cuyo objetivo es medir y mejorar la calidad. Asimismo, alcanzó a ser un método de semejanza para, juntamente, amortiguar las necesidades de los consumidores. Además, lograr niveles de perfección mediante cálculos cuantitativos.

Por consiguiente, se puede decir que, es un procedimiento basado en datos recopilados cuyo objetivo es que la calidad llegue a un nivel de optimización y perfeccionamiento. De igual importancia, es muy diferente a otro tipo de enfoques ya que nos ayuda a minimizar y corregir los puntos que afectan al procedimiento mediante hallazgos. Concretamente, se trata de aplicar disciplina respecto a la cultura LSS en los procesos repetitivos que se generan en las organizaciones.

Libremente, cualquier empresa puede ser beneficiada por la metodología Six Sigma ya que involucra muchos factores en el campo de trabajo como la comunicación, formación, la productividad, reducción de pérdidas, etc., dando como resultados mejoras y ahorros de costos. Pero el camino no es fácil, para ello se requiere dedicación, compromiso, persistencia y aceptación del cambio.

2.2.5 Lean Manufacturing

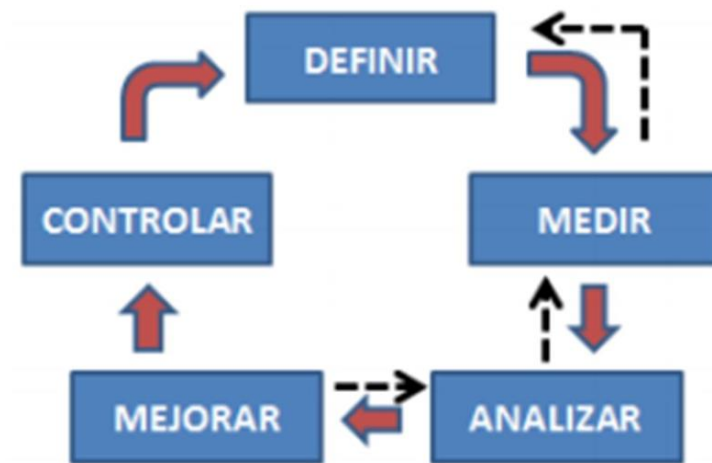
La finalidad de este método es utilizar la mínima cantidad de recursos posibles para incrementar la producción. Utilizando menor esfuerzo físico, equipos, capacidad de uso de espacios de manera óptima, tiempo y movimiento, todos estos factores agregan valor al producto terminado. Cuando Lean Manufacturing trabaja con otros sistemas, este refuerza el desarrollo de la organización. Asimismo, si queremos que tenga equilibrio y lugar esta relación, se debe precisar que, las tecnologías líderes protejan y controlen las implementaciones de Lean Manufacturing (de Oliveira, Sousa y de Campos, 2018).

2.2.6 Fases de la Metodología Lean Six Sigma (DMAIC)

El autor Gutiérrez (2004), precisa que, la metodología DMAIC es como una serie de pasos para implementar Six Sigma; siempre y cuando, se sigan las instrucciones de manera ordenada y con ello, se logrará de manera efectiva la calidad deseada en los procesos de la empresa, teniendo como resultado una organización más competitiva. Esto traducirá en éxito la evolución de los procesos a futuro plazo. DMAIC es la abreviatura de las siglas: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. (Pyzdek, 2003).

Figura 2

Proceso Iterativo DMAIC



Nota. Etapas de la metodología DMAIC. Tomada de (Ocampo, 2012).

Asimismo, es de gran importancia entender que no es obligatorio aplicar todas las herramientas e instrumentos en un mismo proyecto. A continuación, definiremos las etapas con sus respectivas herramientas a implementar:

2.2.6.1 Definir

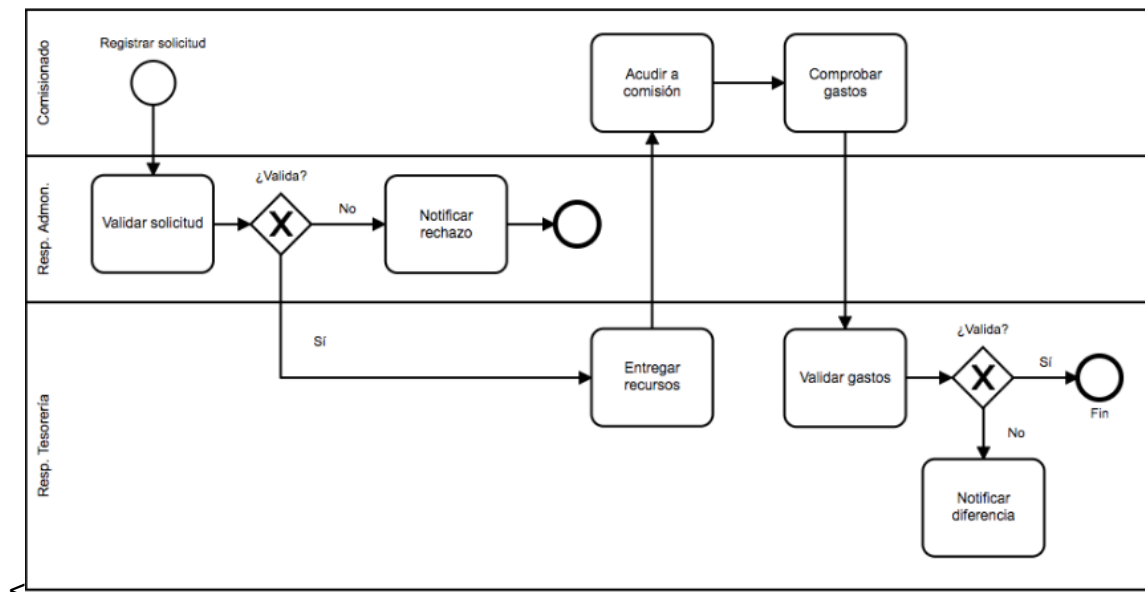
En este periodo, se define las finalidades para la mejora de procesos. Los clientes son los encargados de definir los objetivos. Asimismo, se utilizan herramientas como:

2.2.6.1.1 Diagrama de proceso

Luego de determinar el área de trabajo, es de gran prioridad establecer un diagrama de proceso, el cual nos ayude a entender las acciones que se realizan. Un segundo aspecto, es que nos ayuda a especificar los puntos críticos de cada proceso para introducir las mejoras.

Figura 3

Diagrama de procesos



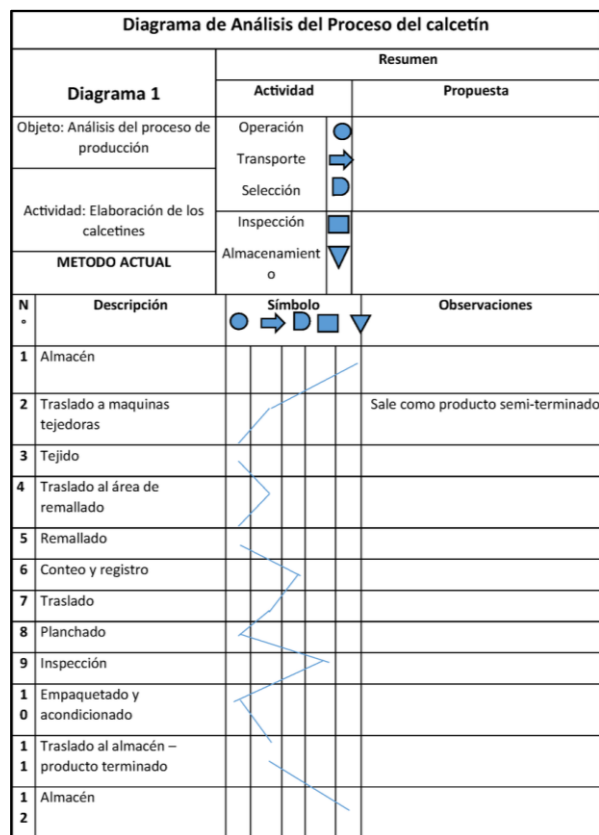
Nota. Ejemplo de un flujo de procesos de registro de solicitudes. Tomada de (Softgrade, s.f.).

2.2.6.1.2 Diagrama de análisis del proceso (DAP)

García, R. (2000), nos da a entender que, el diagrama de análisis del proceso, es una herramienta que es empleada para conocer el estado actual de cómo trabaja el proceso en la empresa, en otras palabras, qué actividades se realizan en una organización y qué observaciones tiene. Asimismo, se trabaja mediante gráficos, los cuales siguen una secuencia de actividades tales como, operaciones, transporte, esperas, inspecciones y almacenamiento. A continuación, se muestra un ejemplo del diagrama de análisis del proceso:

Figura 4

Diagrama de análisis del proceso de una empresa industrial de calcetines



Nota. Es necesario usar un diagrama de análisis de proceso para conocer las observaciones a mejorar, por ejemplo, en la operación de “traslado a máquinas tejedoras”, podemos visualizar que, mediante la observación colocada, se le puede agregar una oportunidad de mejora. Tomada de (Cárdenas, 2018).

2.2.6.1.3 Project Charter

Documento que determina el alcance de un proyecto, precisando las medidas y la estructura del éxito para un proyecto. Cuando este es aprobado por la alta dirección, comunica el acuerdo con los participantes del proyecto, siendo el que dirige el proyecto y el equipo encargado durante el periodo de tiempo del mismo. Este documento, muestra una descripción general de la definición del éxito y determinación de las partes interesadas que son de mayor prioridad. De igual importancia, es una herramienta que sirve a futuro plazo, ya que hace referencia a las autoridades y beneficia a la hora de autorizar un proyecto.

2.2.6.2 Medir

Según Yang (2003), uno de los pasos más importantes y precisos, es la etapa de medición, puesto que, se basa en la recopilación de datos o información para calcular el nivel de desempeño actual del proceso de forma cuantitativa y así facilitar la data para el análisis.

En este periodo, se deberá utilizar algunas métricas con el fin de dar seguimiento y monitoreo al avance del proyecto en relación a los alcances y objetivos definidos en la etapa anterior. Como indicador principal, sostendremos el índice de capacidad del proceso y el nivel sigma.

2.2.6.2.1 Índice de Capacidad del Proceso

La función de este índice, es determinar y conocer las variaciones que usualmente se presentan en los procesos, las cuales pueden afectar su desempeño, en otras palabras, tiene como propósito estudiar la variabilidad y la tendencia central de una propiedad o característica no conforme que influya en la calidad del producto. Por ello, es importante que el proceso esté bajo seguimiento estadístico y una de las formas más comunes de realizar el análisis es mediante el estudio de los índices de capacidad (IC), cuyo propósito es recolectar una muestra de cierta característica, comparándola con la producción real de la evaluación. Entre otros elementos, el índice de capacidad de proceso potencial (C_p) y el índice de capacidad de proceso real (C_{pk}) son los más empleados para el estudio de variabilidades de un proceso (Kane, 1986).

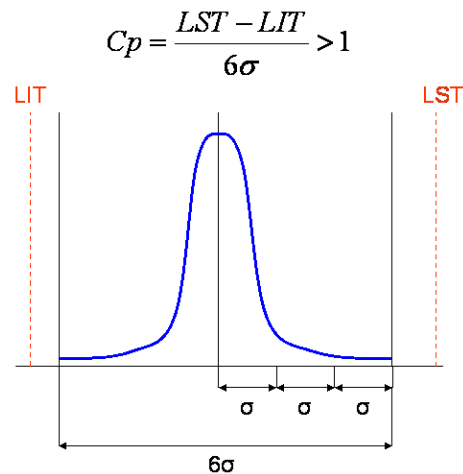
2.2.6.2.2 El indicador C_p ;

Se establece de la comparación entre la variación real y la variación tolerada del proceso estudiado. Cuando el índice C_p es mayor a 1, nos da a entender que la variación tolerada debe ser mayor que la variación existente en el proceso. No obstante, el índice C_p se debe mejorar para estimar la amplitud de dicho proceso relacionado con los límites

especificados. A continuación, observaremos el procedimiento Cp:

Figura 5

Procedimiento Cp



Nota. Estudio de capacidad y su importancia en el proceso de mecanizado. Tomado de (Guerrero, 2017).

Siendo:

- LSE: límite de especificación superior.
- LIE: límite de especificación inferior.
- σ : Desviación estándar de la muestra.

En otros términos, para llegar a conocer el cálculo del índice, se afirma que, un proceso se considera inútil cuando el Cp es menor a 1. Cuando el valor encontrado se encuentra entre 1 y 1.33 el proceso es aceptable. Finalmente, se puede entender también que, cuando el Cp es mayor a 1.33 se considera un proceso competente y capaz.

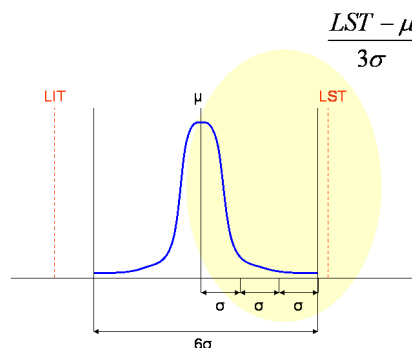
Tabla 1*Categorías de la Capacidad del proceso*

C_p	Categoría proceso	Descripción proceso
$C_p \geq 2$	World Class	Seis Sigma
$1,33 \leq C_p < 2$	1	Adecuado
$1 \leq C_p < 1,33$	2	Requiere control estricto
$0,67 \leq C_p < 1$	3	Requiere modificaciones serias
$C_p < 0,67$	4	No adecuado

Nota. Categorización para entender cuánto es capaz mi proceso, si está en buenas condiciones o necesita las modificaciones necesarias. Tomado de (Antonucci, 2020).

2.2.6.2.3 Índice de capacidad real (Cpk)

Sirve para estimar si el proceso está centralizado o no. Por ello, se utilizan 2 índices adicionales: Cpi y Cps. Se calcula la proximidad de los límites de control. Tenemos que entender que Cpk es igual a Cp; este mismo puede ser positivo o negativo. Igualmente, se entiende que, si el Cpk es igual a 1, el proceso está centrado. Por otro lado, si el Cpk llegaría a 0 o a un valor negativo, el 50% del producto estaría fuera de las especificaciones. A continuación, se muestra cómo calcular el Cpk mediante la siguiente figura:

Figura 6*Procedimiento Cpk*

Nota. Estudio Cpk para determinar la media “natural” del proceso. Tomado de (Guerrero, 2017).

Datos:

- LIE: Límite inferior especificado.
- LSE: Límite superior especificado.
- μ : Valor central entre LIE y LSE.
- Cpi: Menor capacidad potencial.
- Cps: Mayor capacidad potencial.

2.2.6.2.4 Nivel Sigma

“El nivel de calidad Sigma del proceso, nos indica el número de desviaciones típicas que el proceso puede aceptar para que el producto sea conforme” (Delgado, 2018, pp. 72). El DPMO estandariza los efectos de acuerdo al nivel de oportunidades. Es la medición de eficiencia de un proceso. Como hemos comentado anteriormente, Six Sigma es la conceptualización de seis desviaciones estándar de la media de un proceso a los límites de especificación cuando un proceso se halla centrado.

Del mismo modo que, también se admite una variación de 1.5 sigma hacia cualquier límite de especificación, esto nos refleja un nivel de calidad de 3.4 defectos por millón. El propósito de esta tabla es no adquirir más de 3.4 defectos en cada millón de oportunidades con el fin de obtener un producto o servicio de mayor seguridad. Es decir, cuanto mayor es el nivel sigma, menor es la variación alrededor del promedio. DPMO nos otorga una medida exclusiva para la comparación de desempeño de diferentes operaciones.

$$\text{DPMO} = \text{DEFECTS} \times 1,000,000 / \text{Units} \times \text{Opportunities}$$

Tabla 2

Tabla de nivel sigma

Sigma Level	Defects per Million Opportunity	Yield
6	3.4	99.9997%
5	233	99.977%
4	6,210	99.379%
3	66,807	93.32%
2	308,537	69.2%
1	690,000	31%

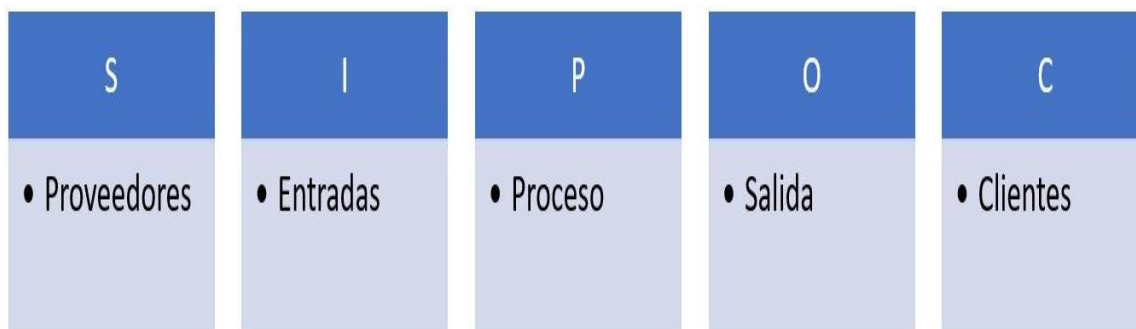
Nota. Unidad estadística para la medición de estándares con el fin de reducir la variabilidad de los procesos. Tomada de (George, 2002).

2.2.6.2.5 SIPOC

Este diagrama, nos ofrece resultados óptimos en los procesos, ya que al utilizarlo nos ayuda a comprender los procedimientos generados desde el proveedor hasta el consumidor final. Además, nos ayuda a focalizar los puntos a mejorar en el área. Es un sistema de ayuda el cual nos permite puntualizar las ideas con el fin de asegurar las satisfacciones del cliente cumpliendo así sus necesidades. Asimismo, facilita el entendimiento entre ambas partes del procedimiento, es decir, desde la recopilación de datos, hasta la salida. SIPOC da una mejor comprensión de las situaciones que se van presentando a lo largo de un sistema de información o producción, impidiendo la aparición de fallas o errores en el proceso.

Figura 6

Ejemplo de una matriz SIPOC



Nota. Sistema de apoyo cuyo objetivo es establecer de un mejor modo una cantidad de ideas. Tomada de (Pacheco, 2019).

2.2.6.2.6 Value Stream Mapping (VSM)

El Mapeo de Flujo de Valor es una herramienta que desempeña una función importante en relación a los procesos, cuya función es entender y visualizar cómo trabaja un proceso en el que el objetivo es identificar los desperdicios o tiempos muertos que pueden ser localizados. Esto implica detectar fuentes de utilidad competitiva. Además, nos ayuda a establecer una comunicación más clara y eficaz entre todos los participantes que trabajan en esta herramienta. Está enfocado en un plan que prioriza el empeño de mejoramiento.

Un flujo de valor indica las secuencias y acciones de lo que el cliente estima. Incluye los materiales, información y procesos que contribuyen a obtener lo que al cliente le interesa y compra. El VSM se basa en ilustrar un diagrama de flujo o mapa, manifestando cómo los materiales y la información que están involucrados en el proceso fluyen entre sí, desde el proveedor hasta el consumidor final. En conclusión, es necesaria esta herramienta para planes estratégicos y en la transformación de la gestión en relación a la mejora continua.

2.2.6.3 Analizar


En la etapa de analizar, estudiaremos el escenario del sistema actual con el fin de identificar las aberturas que se encuentran en los procesos y métodos con los que se trabaja y así lograr los objetivos deseados (Pyzdek, 2003). Asimismo, podremos usar herramientas como:

2.2.6.3.1 Análisis modal falla efecto (AMFE)

Esta herramienta tiene como finalidad resolver los problemas originados en un proceso de producción o en un producto, inclusive antes de que sean encontrados. En otras palabras, reside en enumerar los posibles fallos que puedan ser causados por la mala gestión. El análisis puede ser ejecutado en un producto específico o en un proceso de producción, teniendo en cuenta que, el origen de los fallos puede ser hallado en cualquiera de los dos. Las particularidades de cada ejecución, genera que se tengan que operar de manera desigual, ya que manifiestan características específicas.

Cuadro 1

AMFE: Ecodiseño de un termoplástico

<div><div><div>Protección y Mantenimiento de Equipos de Trabajo</div><div>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CANTABRIA</div></div></div>										<div><div>ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E)</div><div><div>X DISEÑO</div><div><input type="checkbox"/> PROCESO</div><div><input type="checkbox"/> MEDIOS</div></div></div>										<div><div>Código: 3287/AMFE</div><div>Edición:</div><div>Fecha: 16/01/2006</div></div>			
Cliente: Muebles Industriales, S.A.					Denominación producto: Molde manetas 823/23545					Preparado por: Fco José Pena / Eva Mª Hernández													
Planta: Planta ensamblaje					Referencia/s:					Revisado por: Joan Joseph Pons Allau													
Proveedores involucrados			Ninguno			Nivel de modificaciones cliente: Modificaciones a nivel productivo					Aprobado O.T.: Producción cliente												
														Resultado de las acciones									
Descripción de la fase		Modo/s potencial/es de fallo		Efecto/s potencial/es del fallo		Gravedad	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)		Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)		Detección	NPR	Acción(es) recomendada(s)		Área(s) / persona(s) responsable(s) y fecha de realización		Acciones realizadas		Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
Pieza		Acumulación de tensiones		Arqueado de pieza		10	Pérdida de perpendicularidad. Agujeros sujeción con cajón		10	Ninguno		2	200	Cambio punto de inyección		Oficina Técnica		Invertir figura en molde		10	4	2	80
		No expulsa		Al abrir el molde, la pieza queda en parte de inyección		10	Totalidad de superficie de la pieza en inyección		10	Seguro del molde		1	100	La pieza se queda en la parte de expulsión		Oficina Técnica		Hacer negativos en expulsor de alojamiento tornillo		10	5	1	50
Refrigeración		Rechupado piezas		Refrigeración mal compensada		10	Mal enfriamiento de la pieza		9	Control visual de pieza en máquina		7	630	Optimizar refrigeración		Oficina Técnica		Cambio refrigeración. Forma de serpentín		10	4	7	280
		Manchado en molde y maquina		Las piezas se manchan		2	Aceite sale al montar y desmontar conexiones		9	Control visual		7	126	Optimizar conectores		Oficina Técnica		Sustitución por enchufes rápidos		2	3	7	42
		Mal función de junta tórica		Fuga líquido refrigerante		7	Mal posicionamiento de la junta tórica		8	Ninguno		8	448	Sustitución de juntas tóricas		Oficina Técnica		Utilización de selladores especiales		7	2	8	112
Cáncamo DIN580		Mala sujeción del molde		Sujeción de molde no equilibrada con 1 cáncamo		7	Mal posicionamiento del molde		4	Ninguno		9	252	Reposicionar cáncamos		Oficina Técnica		Utilización de 2 cáncamos		7	2	9	126

Nota. La ilustración muestra los modos de fallo que pueden ocurrir en el rediseño de una máquina de inyección. Tomada de (Universidad Politécnica de Cataluña, 2008).

En el primer paso, se identifica los modos de falla por cada ciclo del proceso. En el segundo, se debe identificar los efectos que estos pueden generar por cada modo de falla, si al cliente le interesa mucho o poco el fallo. Posteriormente, se evalúa qué tan graves son los efectos para el proceso, señalizándolo entre un rango de 1 al 10.

Tabla 3

Criterios de valoración del factor severidad

Rango	Efecto
9 a 10	Peligroso
7 a 8	Alto
5 a 6	Moderado
3 a 4	Bajo
1 a 2	Menor o ninguno

Fuente: Elaboración propia

Tercero, se determinan las causas posibles para cada efecto. Así, el siguiente paso es evaluar con qué rango de ocurrencia, las causas se vuelven a presentar en el proceso en una escala del 1 al 10.

Tabla 4

Criterios de valoración del factor ocurrencia

Rango	Ocurrencia	Criterios
10	Muy alta	Ocurren más de 3 veces en el turno
9	Alta	Ocurre 3 veces en el turno
8	Alta	Ocurre entre 1 a 2 veces en el turno
7	Alta	Ocurre entre 1 a 2 veces al día
6	Moderada	Ocurre entre 3 a 4 veces a la semana
5	Moderada	Ocurre 1 vez a la semana
4	Moderada	Ocurre 2 a 3 veces al mes
3	Baja	Ocurren 1 vez al mes
2	Baja	Ocurren 3 a 4 veces al año
1	Muy baja	Ocurre 1 o 2 veces al año

Fuente: Elaboración propia

El cuarto paso es donde se detallan los controles existentes en el proceso para evitar las causas. Asimismo, se determina qué nivel de detección tienen estos controles en un grado del 1 al 10. En algunos casos, no se encontrarán controles debido a que no han sido aplicados aún.

Tabla 5

Criterios de valoración del factor detección

Rango	Probabilidad	Criterios
10	Casi imposible	No existe un método de detección disponible o conocido que provea una alerta anticipada para planificar una contingencia
9	Muy remota	
8	Remota	El método de detección posee una efectividad, el riesgo no es detectado en la mayoría de veces que se presentan
7	Muy baja	
6	Baja	El método de detección posee una efectividad, el riesgo no es detectado en la mayoría de veces que se presentan
5	Moderado	
4	Moderadamente alto	Es muy probable detectar la falla. El defecto es una característica obvia
3	Alto	
2	Muy alto	El control de detección posee una efectividad alta y se tiene la certeza que el riesgo será detectado de inmediato
1	Casi segura	

Fuente: Elaboración propia

Por último, se calcula el NPR (número de prioridad de riesgo), mediante la siguiente fórmula para saber, cuál de los procesos es el que más probabilidad de fallos puede presentar y al que se le tiene que dar mayor prioridad:

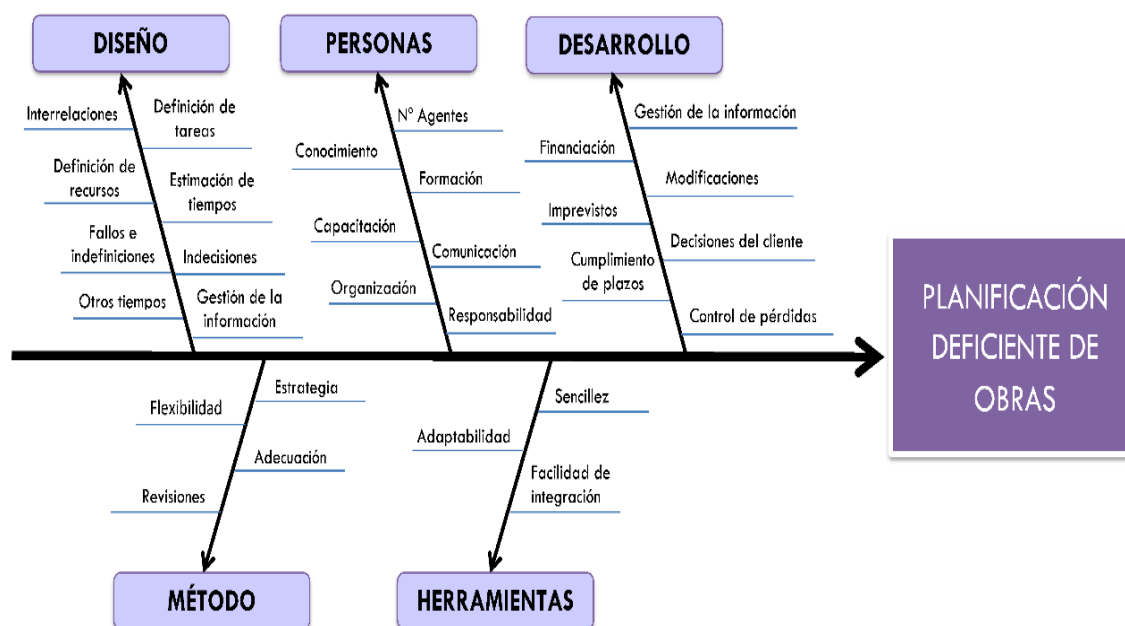
$$NPR = Severidad \times Ocurrencia \times Detección$$

2.2.6.3.2 Diagrama de Ishikawa

Este diagrama nos ayuda a identificar y encasillar, mediante ideas, cierto tipo de información complementaria respecto a las fuentes de los problemas. De igual importancia, se van determinando las posibles causas que pueden haber originado algún incidente. Por ello, sostendremos las siguientes categorías: el entorno, los materiales, el personal, las máquinas y los procesos. Las categorías en mención, son utilizadas como fundamento para el diagrama, cabe resaltar que, no constantemente se utilizarán todas, ya que debe sujetarse con las ideas del equipo de trabajo. Por consiguiente, se identifica las causas secundarias, representadas como subcategorías, y formadas como ramas de las categorías.

Figura 7

Diagrama de Ishikawa



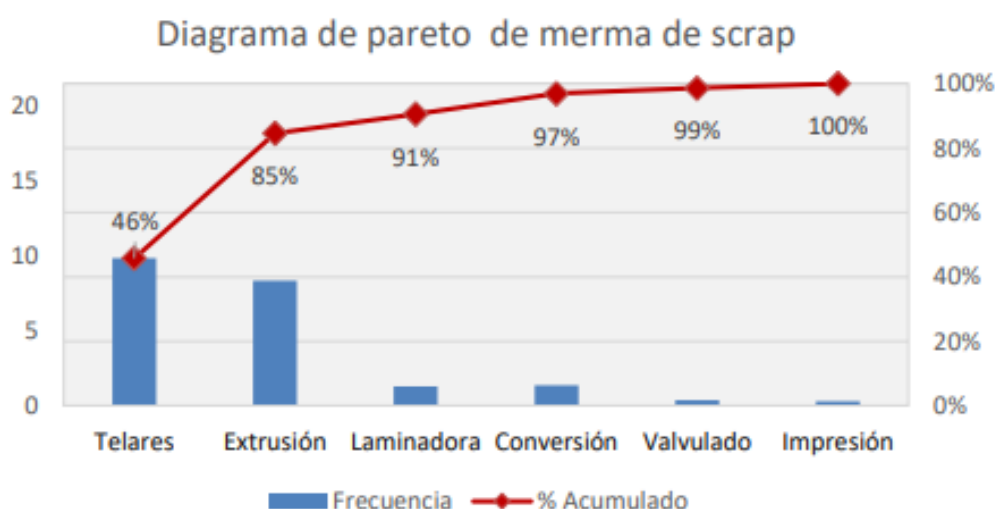
Nota. Podemos observar un ejemplo de diagrama de Ishikawa o causa-efecto, donde el diseño, las personas y el desarrollo, son los factores que originan mayor deficiencia en las obras, ya que se encuentran entre las causas del problema. Tomado de (Think-Productivity, 2017).

2.2.6.3.3 Diagrama de Pareto

Este diagrama es una técnica o habilidad en donde por medio de un gráfico, clasificamos y visualizamos la información recopilada de mayor a menor relevancia. Igualmente, podremos dar a conocer los problemas surgidos en los procesos, a los que se debe dar seguimiento y solución.

Figura 8

Diagrama de Pareto de una empresa Retail

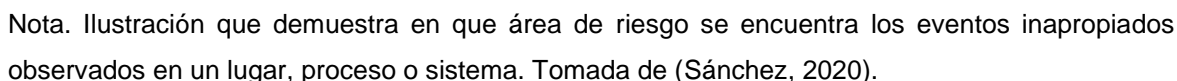


Nota. Diagrama de Pareto donde se determina el mayor porcentaje de scrap en una empresa de fabricación de sacos de polipropileno, donde los procesos de telares y extrusión generan más desperdicios. Tomada de (Mallqui, 2018) – Tesis.

2.2.6.3.4 Análisis de criticidad

Este análisis nos permite disponer de jerarquía de los procesos, el cual nos facilita entender cuáles son los eventos potenciales no deseados que pueden surgir en un proceso, lugar, equipo o sistema. Asimismo, se establecen criterios según las oportunidades y necesidades de la organización. Además, se debe utilizar la siguiente matriz para identificar, mediante el número de frecuencia y consecuencia obtenida, en que área crítica se encuentra la causa que genera eventos inapropiados. De igual importancia,

Figura 9
Matriz de criticidad



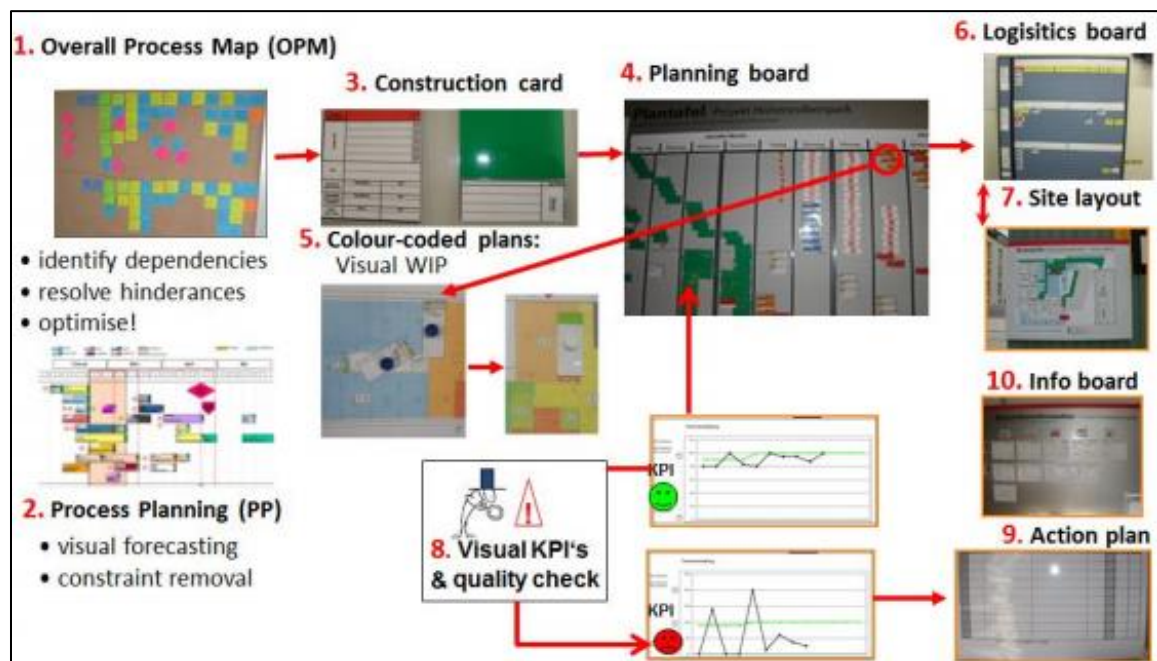
En la mayoría de casos, en los procesos se presentan hechos o métodos que pueden resolver alguna causa de manera momentánea, siendo de menor costo y/o rápida, pero no asegura una solución a largo plazo. Por ello, se aconseja utilizar métodos o herramientas estadísticas para ratificar las mejoras (Pyzdek, 2003).

Visual Management o también llamado fábrica visual, es un criterio de Lean Manufacturing, el cual se basa en emplear información en relación a los avances de la empresa, en la ubicación donde más se requiera. Los sistemas o métodos visuales son primordiales en la mayoría de técnicas relevantes de Manufactura esbelta. Asimismo, para optimizar y amortiguar los incidentes surgidos en una empresa y poder tener un orden conveniente en el espacio de trabajo, se requiere de la implementación de las 5s. (Nieto, 2019).

Estos procesos visuales nos ayudan a tener una mejor capacidad de respuesta ante incidentes, tener una mejor toma de decisiones, medir los avances, mejoras de los procesos y lograr que los operarios se mantengan actualizados de los objetivos y planes estratégicos de la empresa. VM puede ser empleado usando monitores, televisores, proyectores o entre otros casos, también usan tableros para mostrar los avances de la empresa.

Figura 10

Visual Management para la planificación y control en una construcción



Nota. Ejemplo de aplicación de Visual management mediante el uso de útiles de oficina y pizarras de corchos con el fin de mostrar los avances de la empresa. Tomado de (Ann, 2014) – Tesis de doctorado.

2.2.6.4.2 Metodología de las 5s

Técnica que se basa en la limpieza y estandarización de las áreas de la organización. Del mismo modo, ayuda a incrementar el aprovechamiento del tiempo. La 5S, se podría decir que, es una doctrina que obtiene mejoras en la productividad por medio de la estandarización de costumbres de orden y limpieza. Estos resultados se logran al

implementar las cinco fases: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke. Estas etapas servirán como base para la siguiente fase de DMAIC que es controlar, y así perseverar sus beneficios en el transcurso del tiempo. A continuación, definiremos las cinco fases a priorizar:

- **SEIRI (Clasificar):** Esta fase implica contar con un área o espacio de trabajo donde solo se hallen las herramientas y artículos necesarios. Consiste en retirar los elementos o componentes que no sean necesarios para las tareas o actividades de trabajo, sea en el caso de un área de producción o administrativas.

Paso a seguir:

1. Precisar y determinar todos los artículos que no sean necesarios.
2. Eliminar todo lo innecesario que se encuentre en el área de trabajo.
3. Almacenar en un espacio adecuado artículos de poco uso.

- **SEITON (Orden):** El objetivo es que exista un espacio para guardar los materiales en función a la necesidad laboral, listos para ser empleados y que sean fáciles de encontrar. Asimismo, los materiales o herramientas deben ser etiquetados con la finalidad de que sean ubicables.

Paso a seguir:

1. Identificar un lugar o espacio para los materiales.
2. Definir y precisar la cantidad de materiales que serán asignados al espacio.
3. Garantizar que cada material o herramienta esté listo para su uso.
4. Crear o diseñar los medios necesarios para que cada material o artículo regrese a su lugar.

- **SEISO (Limpieza):** Se basa en establecer una metodología o cultura de limpieza que precave que el área laboral se ensucie. Conjunto de actividades respecto a la limpieza de las áreas laborales y equipos de la organización. Además, se incluyen métodos para prevenir o disminuir la suciedad cuya finalidad es hacer más seguros los ambientes o espacios de trabajo.

Paso a seguir:

1. Se debe identificar los artículos de limpieza del área de trabajo.
2. Luego, ubicar y asignar un espacio adecuado y funcional para cada artículo de limpieza usado.
3. Establecer un diseño o plan de prevención cuya finalidad no ensucie el área.
4. Implementar labores de limpieza con el objetivo de que se vuelva una costumbre por parte de los trabajadores.

- **SEIKETSU (Estandarizar):** Se basa en establecer condiciones de trabajo que puedan prevenir los retrocesos en las primeras tres fases de las 5s. En resumen, se basa más en mantener control y orden las primeras fases. Por otro lado, es también conocido como “bienestar personal” ya que, adopta un estándar social que mejora la calidad de vida como en la higiene, la salud física y mental de las personas.

Paso a seguir:

1. Normalizar todo y hacer notable los estándares que han sido utilizados.
2. Implementar o diseñar métodos que apoyen y faciliten el comportamiento apegado a los estándares.
3. Distribuir la información sin la necesidad de pedir o buscar.

- **SHITSUKE (Disciplina):** La última fase se trata de evitar que se distorsionen los procedimientos establecidos. Por ello, si se implanta esta cultura disciplinaria y se cumple con las normas establecidas, se podrá gozar de los resultados óptimos que la cultura 5s brinda.

Paso a seguir:

1. Clarificar las consecuencias (resultados) de las 5s.
2. Incitar la crítica constructiva con diversas áreas y a diferentes empresas o aliados.
3. Impulsar las 5s mediante gráficos.
4. Promover la intervención de todos en la generación de ideas en 5s.

Beneficios al implementar 5S:

- Refuerza los niveles de seguridad.
- Reduce los tiempos de pérdida y de respuesta.
- Mejora la calidad de los productos y/o servicios.
- Para su implementación, no es necesaria una gran inversión.
- Genera disciplina personal.
- Mejora la calidad laboral y la proactividad.

2.2.6.5 Controlar

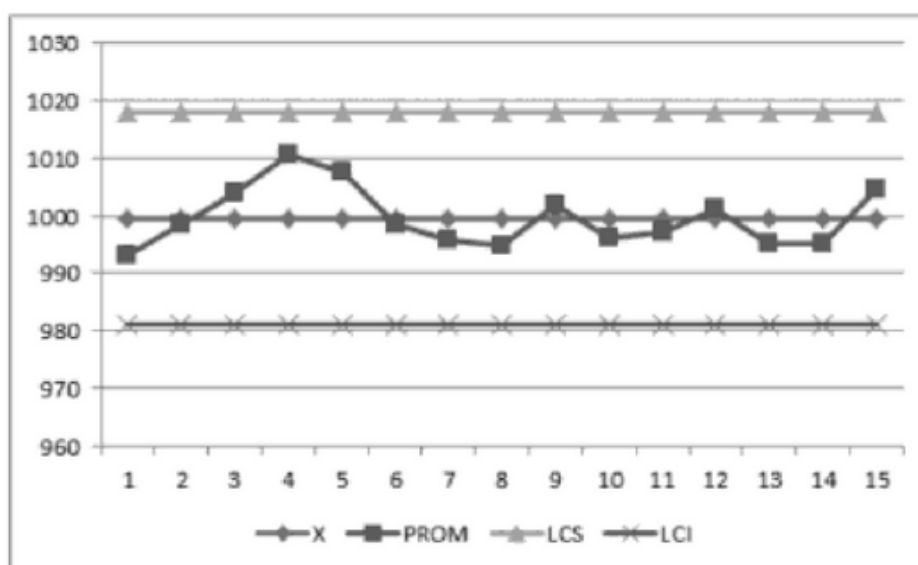
La última fase tiene como principio y finalidad controlar el sistema. Por ello, se determinará la mejora por medio de programas de incentivos, capacitaciones, procedimientos, políticas y sistemas de gestión (Pyzdek, 2003). En este ciclo se requiere indagar e investigar la estandarización de los procesos, podríamos basarnos en la ISO 9001. Igualmente, se requiere usar instrumentos estadísticos para la adecuada permanencia del reciente sistema, por ejemplo, instrumentos como:

2.2.6.5.1 Gráfico de control

Su objetivo es poder mejorar y controlar algún tipo de proceso mediante un análisis de tiempo. De igual importancia, los gráficos definen los límites de control en los procesos. Asimismo, nos ayuda a identificar cuando el proceso está controlado. No obstante, esta herramienta es trabajada de manera visual mediante gráficos y se entiende por medio de límites de control determinados. Por otra parte, tenemos que entender que los límites se muestran mediante siglas como LCS (Límite de control superior) y LCI (Límite de control inferior). Además, podremos observar la línea PROM que representa la media de los valores. A continuación, se mostrará un ejemplo para entender cómo trabaja un gráfico de control:

Figura 11

Ejemplo de un gráfico de control



Nota. Gráfico de control donde las variaciones están dentro del límite inferior y superior de control y cerca del promedio. Tomada de (López, 2016).

2.2.6.5.2 Hojas de verificación (Check List)

Formato cuya finalidad es recopilar datos en relación al proceso o proyecto, su función es recolectar datos de manera organizada y sistemática para la reducción de tiempos y

detección de tendencias. Asimismo, su uso es fundamental para el comienzo de algún proceso.

2.2.7 Software para Six Sigma

Hoy en día, hay una gran cantidad de softwares, dentro de los cuales podemos encontrar diversas herramientas de calidad, como el uso de Minitab y Minitab Workspace. Minitab es un software cuya función es realizar funciones estadísticas, gráficos, etc. Es frecuentemente utilizado para la implantación la metodología LSS. También son de gran utilidad las herramientas de Office como Excel, Power Point para la elaboración de diagramas de proceso, Check List, diagrama de Pareto, entre otras más.

2.3 Definición de términos

A

Almacén: Lugar o área específica para guardar cosas.

AMFE: Análisis que tiene como fin resolver los problemas surgidos en un producto o un proceso de producción.

B

Bobinadora: Máquina que trabaja para enrollar hilos, alambres u otro material flexible.

C

Calidad: Conjunto de características que posee un objeto o servicio para satisfacer una necesidad.

Cp: Capacidad potencial de un proceso.

Cpk: Calcula la proximidad de los límites de control con los de especificación.

D

DMAIC: Herramienta enfocada en la mejora de procesos.

DPMO: Es la medida de eficiencia de un proceso.

E

Estadística: Herramienta usada para entender la variabilidad del proceso.

Estandarizar: Adaptar las características y propiedades de un producto o servicio

I

Indicadores: Instrumentos de medición de calidad.

Información: Recopilación de un conjunto de datos necesarios para referenciar algún evento o actividad.

Implantación: Desarrollo de una idea programada.

Insatisfacción: Es un sentimiento interior que experimenta una persona cuando siente que una realidad determinada no cumple sus expectativas.

Inventario: Conjunto de bienes y materiales valorables que pertenecen a una persona u organización.

L

LIE: Límite inferior de especificación

LSE: Límite superior de especificación

M

Mejora: Progreso de un bien con el fin de llevarlo a un mejor estado.

O

Organización: Grupo de personas que, mediante un conjunto de actividades administrativas, desean alcanzar ciertos objetivos.

P

Proceso: Conjunto de actividades que interactúan entre sí con una entrada y una salida.

Producto: Serie de propiedades y cualidades tangibles e intangibles que un consumidor acepta.

Planificación: Conjunto de acciones cuya finalidad es cumplir un objetivo a un plazo estimado.

Propuesta: Oferta persiguiendo algún fin.

R

Recurso: Suministro cuya función produce un beneficio.

Reingeniería: Determina secuencias, reconfiguración de las actividades de una empresa con el fin de lograr incrementos significativos en un corto tiempo.

S

Sistema: Conjunto de elementos interrelacionados para lograr un objetivo.

Six Sigma: Metodología cuyo objetivo es medir la eficiencia de los procesos de una empresa y buscar soluciones.

T

Técnica: Conjunto de procedimientos que son involucrados en una actividad.

V

Variabilidad: Cambios que afectan al producto terminado.

Variable: Calidad o propiedad de un sistema sujeto al cambio.

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Variables

Variable independiente

- Implementación de la metodología Lean Six Sigma = X

Variable dependiente

- Reducción de costos de producción en el proceso de fabricación de transformadores de baja tensión en la empresa NIUSA S.A.C. = Y

3.1.1 Definición conceptual de las variables

Según Pérez (2014), LSS es una metodología que se basa en la mejora de procesos, con el fin de aumentar la rentabilidad de una empresa, al eliminar un cierto porcentaje de desperdicios, y minimizar la variabilidad que se encuentra en los procesos y que los afectan.

Por otro lado, Gómez (2011) define que, los costos intervienen en toda la dinámica de la organización, identificando aspectos importantes que permiten determinar los elementos y tratamientos para establecerlos, controlarlos y asignarlos al producto.

3.2 Metodología

3.2.1 Tipos de estudio

Según el nivel o profundidad de la investigación, el presente trabajo es de tipo explicativo al proveer conocimiento de Lean Six Sigma, tanto en su utilización y en cómo se trabaja. De la misma forma, puntualiza diferentes causas que soportan al inconveniente en relación a los costos de producción. Igualmente, se utilizará esta investigación para mostrar las acciones y eventos surgidos en la empresa NIUSA S.A.C. en relación a la mejora continua.

De acuerdo con Mansur (2016), aclara que, la información se recopila por medio del uso de instrumentos de investigación y análisis de datos estadísticos con el objetivo de implementar la metodología establecida. Por ello, la misión de estudio, es mostrar que se puede reducir los costos de producción en una empresa dedicada a la fabricación de transformadores usando las herramientas Lean Six Sigma como 5S, Diagrama de Ishikawa, entre otras. Asimismo, transformando la forma de pensar de los colaboradores en base a una mejor calidad de vida laboral.

La información a emplear para el marco teórico fue gracias al hallazgo de revistas académicas, tesis de titulación, tesis de maestría, artículos científicos y papers. Debido a esto, entenderemos cómo se emplea la metodología Lean Six Sigma y qué beneficios puede traer a la empresa.

3.2.2 Diseño de investigación

El diseño con el que se ha trabajado en la investigación es experimental, es decir, se manejaron variables tipo causa - efecto para identificar las relaciones existentes entre ellas. Por consiguiente, estos experimentos permitieron hacer uso de pruebas piloto, realizando un estudio "antes y después" del tratamiento experimental, de modo que, se emplearon las herramientas Lean como Visual Management y 5s, las capacitaciones respecto a la cultura Lean Six Sigma y se trabajó con un equipo de operarios para la aplicación de prácticas y métodos. Asimismo, con el apoyo de la gerencia, se logró definir la transformación basada en la mejora continua para disminuir los costos de producción generados por los desperdicios en las áreas de trabajo.

3.2.3 Método de investigación

De igual importancia, este proyecto también tendrá un nivel de investigación:

Nivel Explicativo: La finalidad de esta investigación es reducir los costos de producción en el proceso de fabricación de transformadores, aplicando la metodología Six Sigma en la empresa NIUSA S.A.C. Asimismo, el estudio tiene como objetivo determinar cómo la variable independiente impacta en la variable dependiente.

3.2.4 Población y Muestra

a) Población: La población objetivo está conformada por 150 transformadores de baja tensión fabricados por la empresa NIUSA S.A.C.

Por consiguiente, se aplica la siguiente fórmula para hallar el número de la muestra para la investigación:

$$N = (N * z^2 * p * q) / (e^2 (N-1) + z^2 * p * q)$$

Siendo:

- N= Población (150)
- n= Muestra
- p= Probabilidad a favor (0.5)
- q= Probabilidad en contra (0.5)
- z= Nivel de confianza (95%, 1.96)
- e= Error de la muestra (5%)

$$N = (N * z^2 * p * q) / (e^2 (N-1) + z^2 * p * q)$$

$$N = (150 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5) / (0.05^2 (150-1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5)$$

$$N=108.08$$

Como podemos visualizar, el número de la muestra obtenida es 108; sin embargo, para tener mayor precisión de los resultados obtenidos en el cálculo del nivel Sigma, Cp, entre otras métricas, se valoró una muestra de 110 para realizar el estudio.

b) Muestra: Se consideró una muestra de 110 transformadores durante el primer mes del 2021 para el análisis de datos.

3.2.5 Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos se ha empleado los siguientes:

- a) Reporte de costos del año 2020.
- b) Entrevistas con el personal de producción.
- c) Reuniones de trabajo entre los operarios y el gerente general.
- d) Encuestas desarrolladas por el personal de la empresa

3.2.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos recolectados y analizados fueron trabajados estadísticamente y mostrados mediante gráficos y figuras, las herramientas empleadas fueron:

- a) Excel
- b) Power Point
- c) Minitab
- d) Minitab Workspace
- f) Bizagi
- e) Herramientas del método DMAIC: Diagrama de análisis de proceso, diagrama de proceso, Project Charter, SIPOC, VSM, Pareto, diagrama de Ishikawa, análisis de criticidad, AMEF, graficas de control, 5s, Visual Management y plan de implementación.

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

4.1 Análisis situacional

Grupo Niusa S.A.C. es una empresa de régimen tributario de Micro y Pequeña Empresa (MYPE). Esta empresa participa en el sector eléctrico y se dedica a la fabricación y comercialización de transformadores y estabilizadores; asimismo, distribuye sus productos en el departamento de Lima y a nivel nacional. Cuenta con dos pisos, cada uno de los cuales tiene un área de 200 m². Tiene tres almacenes para guardar la materia prima; el primero, es el almacén 101 de láminas de hierro silicoso y bobinas de cobre; el segundo almacén, es el 102 donde se almacenan los gabinetes metálicos, barniz y cajas de cartón; y el tercer almacén es el 103, de cables de poder y gpt, pernos, entre otros materiales. Además, cuenta con una recepción, un área para el taller de producción, entre otras oficinas. En el primer piso, se encuentra el área de producción y los almacenes, y en el segundo piso, las áreas de administración y finanzas. La empresa cuenta con 30 colaboradores, 20 son operarios y 10 son administrativos. Hay dos jornadas de trabajo, los tiempos están distribuidos de 8:30am a 4:30 pm y de 4:30 pm a 12:30 pm de lunes a viernes. En casos especiales, dependiendo de la demanda, asisten a trabajar sábados y domingos, sin embargo, por temas de seguridad y salud, en relación a la pandemia del covid-19 y las leyes aplicadas por el gobierno peruano, solo ingresan entre 4 a 6 colaboradores por turno.

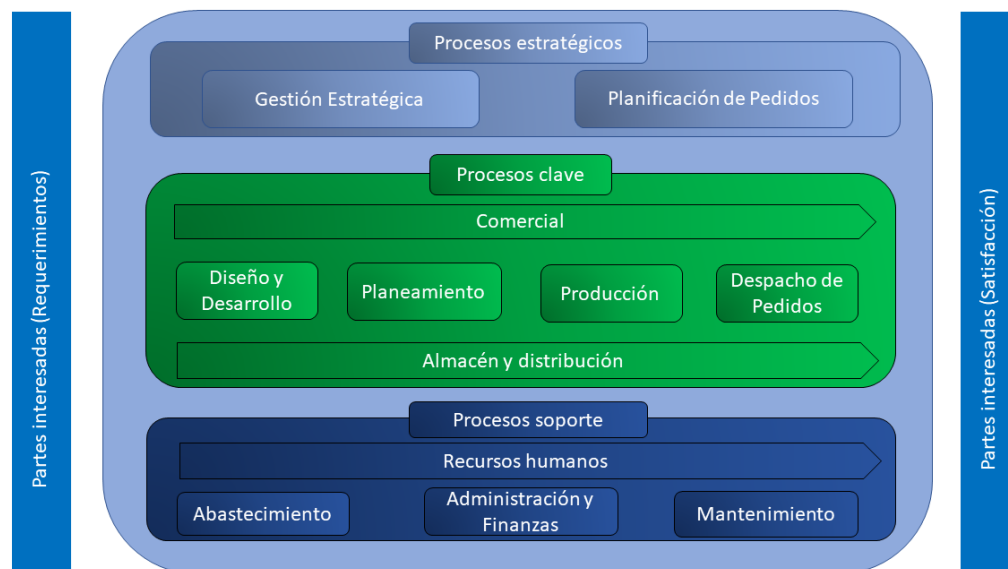
Mediante reportes de costos y reuniones con el gerente general y los colaboradores, se señala que el problema por el que pasa Niusa S.A.C. son los altos costos de producción de láminas de hierro silicoso, debido a los reprocesos, el óxido y la falta de control de calidad del mismo. Igualmente, mencionar que estos altos costos de producción disminuyen en la rentabilidad de la empresa. Por ello, Niusa S.A.C. recurre al desarrollo de un proyecto que pueda identificar las causas que afectan la materia prima y reducir los desperdicios, los cuales tienen relación con los costos.

4.1.1 Mapa de procesos

A continuación, se muestra el mapa de procesos y la interrelación de los mismos, los cuales están ordenados por proceso estratégico, clave y soporte.

Figura 12

Mapa de procesos de la empresa



Fuente: Elaboración propia

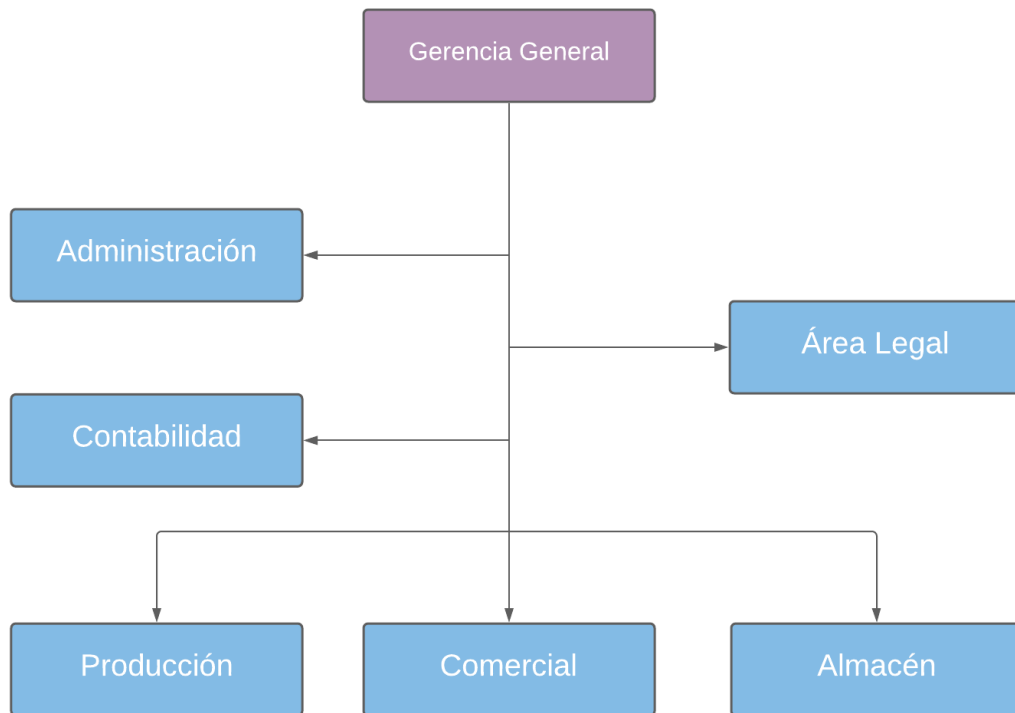
En esta presente tesis, el mapa de procesos se enfoca en el proceso de producción. Además, la empresa debería contar con un proceso de control de calidad tanto de los productos terminados y de la materia.

Los procesos estratégicos están establecidos por el gerente general y el área administrativa, los procesos claves están directamente ligados a los servicios que se prestan, en estos procesos intervienen áreas funcionales como diseño y desarrollo, planeamiento, producción y despacho de pedidos; y los procesos de soportes sirven de apoyo a los procesos clave cuya finalidad es cumplir con los objetivos de la empresa y cubrir las necesidades del cliente.

4.1.2 Organigrama actual de la empresa

Figura 13

Organigrama de la empresa Niusa S.A.C.



Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Clientes

- ARIS INDUSTRIAL S.A.
- DATACONT SAC
- DIPROXER SAC
- ENOTRIA S.A.
- IDD ELECTRÓNICA INDUSTRIAL SAC.
- LABORATORIOS ELIFARMA S.A.
- MARINA DE GUERRA DEL PERÚ.
- MÁXIMA INTERNACIONAL S.A.
- MONTANA S.A.

- PROCESOS CONTINUOS SAC.
- REGISTRO NACIONAL DE IDENTIFICACIÓN Y ESTADO CIVIL/RENIEC
- REPRODATA SAC.
- SERVICIOS INDUSTRIALES DE LA MARINA/SIMA
- SMC CORPORATION SAC.
- XEROX DEL PERÚ S.A.

4.1.4 Proveedores

- ALDEX GROUP SAC
- ELECTRONIC SIBLINGS SAC
- EDERSA S.A.
- EXELCOM EIRL FUZZY CONTROL SAC
- GRUPO DELTRON SAC
- H & B ELECTRONIC SAC
- INTERCOMERCIAL SAC
- OLIVERA CO SAC
- PROATECH SAC
- RE&GE IMPORT SAC
- RJC IMPORT SAC
- SECMETAL EIRL
- W&G ELECTRIC CONTROL EIRL.

4.1.5 Competidores

- AUDAX SAC
- ENERGY SAC
- FASETRON S.A.

- HYPOWER SAC
- POWERTRONIC SAC
- SEMAREL EIRL

4.1.6 Productos

- Transformadores de baja tensión: Uso industrial y doméstico.
- Transformadores de media tensión: Uso industrial y domestico
- Transformadores de alta tensión: Solo uso industrial

4.1.7 Máquina bobinadora

Está constituida por un motorreductor, un variador de velocidad y unas poleas con sus ejes. Tiene un contómetro digital de 6 dígitos y templadores para el alambre de cobre. Es una máquina particular, cuya función es bobinar bobinas de transformador. Por consiguiente, a lo largo del proceso de producción de transformadores, el equipo de devanado se segmenta acorde con la capacidad del transformador o el nivel de voltaje, logrando el devanado automático de las bobinas del transformador. En la mayoría de casos se usa la máquina de bobinado de manera horizontal, como un instrumento especial de manera que enrolle la bobina del transformador.

4.1.8 Materia prima e insumos

La materia prima a utilizar para la fabricación de transformadores de baja tensión es:

- Alambre de cobre esmaltado.
- Barniz: Barniz dieléctrico para secado al horno y al aire.
- Cable: Cordón GPT, CVG, THW.
- Carretes: De Nylon y PVC.
- Cubiertas: Plancha LAF 1/16 o 1/20.
- Espagueti: De vidrio barnizado y de PVC.

- Soldadura: Estaño 60/40 de 0.8mm, 1.00mm de espesor.
- Papeles aislantes: papel Nomex, papel prespan.
- Pernos: Pernos zincado, Stove bolts, autorroscantes y espárragos, con sus respectivos anillos y tuercas.
- Pintura: Pintura al horno, piroxilina, thinner y bencina.

Todos los equipos son embalados en cajas de cartón, rotulados con identificación de código y serie.

4.1.9 Tipo de producción

La producción de los transformadores de B.T. es del tipo artesanal, ya que se utiliza bastante la mano de obra del personal técnico. En el laminado, ensamblado, barnizado, pintura y acabado.

4.1.10 Proceso del producto

El proceso es artesanal, no necesita muchos procesos para la fabricación de transformadores. Solo se usa una máquina en el proceso de rebobinado llamada máquina bobinadora. Luego de terminar dicho proceso, los procesos siguientes son manuales. El proceso de ensamblaje de un Transformador de Voltaje en B.T. consiste en seis procesos:

1. REBOBINADO: Consiste en una máquina semi-industrial constituida por un motorreductor con su eje de chumaceras, un variador de velocidad y contómetro. Esta máquina puede trabajar en horario continuo. En este proceso, los componentes que ingresan son:

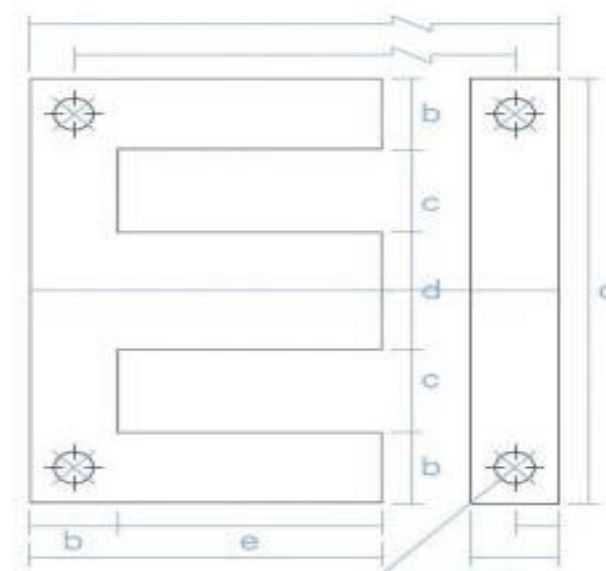
- Alambre de cobre
- Papel Prespan
- Cinta Masking tape

- Espagueti de vidrio barnizado y PVC
- Cable GPT AWG (en algunos casos)
- Estaño o soldadura 60/40

2. LAMINADO: Es un proceso manual donde las láminas de hierro silicoso, más conocido como chapas E-I, se intercalan en la bobina, para formar el núcleo del transformador. La lámina de hierro silicoso es la materia prima que genera mayor costo de producción debido a la corta vida útil que tiene y al bajo control de calidad y seguimiento que se le proporciona.

Figura 14

Lámina monofásica de hierro Silicoso I y E



Nota. Cuando se fabrica un transformador, la energía se traslada del devanado primario al secundario, aun cuando estos no se tocan, en caso llegaran a tocarse, habría un corto circuito. Tomado de (Vimelec, s.f.).

3. BARNIZADO: Se sumerge o se rosea el barniz dieléctrico en las bobinas, puede ser secado al aire o al horno, dependiendo del uso que se le va dar. Para ello, el tipo de barniz que usan es el siguiente:

- Barniz Dieléctrico (al aire o al horno, dependiendo de la solicitud del cliente).

4. ENSAMBLAJE: Los transformadores son protegidos por cubiertas metálicas o en gabinetes metálicos en plancha LAF, de acuerdo al tipo de protección solicitado por el cliente. Los elementos que ingresan son:

- Escuadras en L.
- Gabinete metálico.

5. PRUEBA DE RUTINA: Se tiene un probador eléctrico y un medidor de parámetros para visualizar el rendimiento del transformador si trabaja en buenas condiciones, en caso no esté operativo aun, se manda de nuevo al proceso de ensamblado. En este caso, se usan las siguientes herramientas:

- Probador eléctrico.
- Medidor de parámetros.

6. EMBALAJE: Los transformadores se colocan en cajas de cartón, manteniéndose protegidos de la manipulación, el transporte y el almacenaje del producto. Asimismo, se le coloca su respectivo código y serie al producto ya que, si el producto llega dentro de 3 o 4 años para algún mantenimiento, se sabrá la fecha de fabricación. Los siguientes componentes son:

- Caja de cartón
- Rollo film

4.2 Alternativas de solución

Para el desarrollo del proyecto de mejora para la reducción de costos de producción, se evaluaron tres tipos de metodología: Lean Six Sigma, Quick Response Manufacturing (QRM) y Administración de la Calidad Total (TQM).

4.2.1 Lean Six Sigma (LSS)

LSS se basa en mejorar los procesos y reducir la variabilidad de ellos. Su finalidad es reducir tiempos, costos y aumentar la productividad amortiguando en las causas generadas en las empresas con herramientas Lean. Softwares como Minitab, se utilizan para visualizar el nivel sigma actual y así entender cómo se encuentra el rendimiento de la empresa, el nivel seis es el máximo nivel de desempeño que podría llegar una empresa. Asimismo, mediante herramientas de calidad y estadísticas, se busca eliminar las causas que impidan en la fabricación del producto. Lean Six Sigma es una metodología de gran prioridad debido a los procedimientos que se realizan para la implementación junto al método DMAIC el cual se debe cumplir un cierto número de pasos para estudiar los hallazgos, erradicándolos y estar libre de defectos. Además, no es necesario generar grandes gastos para la implementación ya que se trabaja con costos razonables o en el mejor de los casos, no generar nada de costos dependiendo del trabajo a implementar. Empresas como Motorola, Sony, Toshiba, Polaroid, entre otros más, emplearon esta metodología a causa de los resultados óptimos que favorece LSS. (Wheat, Mills y Carnell, 2004).

4.2.2 Quick Response Manufacturing

QRM es una filosofía que intenta gestionar el tiempo en lugar de gestionar los costos. Si gestionamos bien los tiempos, gestionamos bien los costos. Buscar crecer la rentabilidad de la empresa por medio de una agilidad extrema mediante el uso de la estrategia Time Competition Strategy (TCS). TCS ha sido de gran utilidad para empresas como Zara, Uber Eats, Amazon prime, entre otros más. El objetivo de QRM es reducir el Lead time generado por el número y tamaño de las colas de los procesos mediante estructuras organizativas ágiles y empleando dinámica de sistemas. Además, QRM no solo aplica para un solo tipo de área sino busca ser aplicada en todas las áreas de la empresa.

4.2.3 Administración de la Calidad Total (TQM)

Este método es una filosofía empresarial cuya finalidad es buscar la satisfacción del cliente, iniciando con procesos basados en relación al cliente. Asegura la calidad dentro de la empresa por medio del compromiso de todos los empleados o colaboradores que existen en una organización, lo cual asegura la efectividad de los procesos. TQM nos relata que, debemos mantener efectivamente todos los procesos, por ello, los colaboradores deben estar actualizados e informados sobre los procesos y estrategias de calidad desarrollados en la empresa. Asimismo, TQM se esfuerza considerablemente en que, los colaboradores de la empresa, se involucren y responsabilicen en hacer las cosas consientes ya que, si hay algún desperfecto o incidente, tengan la toma de decisiones para solucionar las cosas de inmediato. El control es más enfocado hacia las personas. A continuación, podemos hablar de los 3 pilares del TQM:

- Enfoque al cliente
- Participación total
- Mejora continua

Debe haber también una supervisión y monitoreo del rendimiento de los operarios de la empresa. Todas estas actividades están orientadas en suministrar valor al producto o servicio encaminado al comprador.

4.2.4 Justificación de la solución escogida

En esta etapa, se especifica las diversas opciones de solución demostradas en el capítulo IV. Asimismo, se espera que, la implementación de estas mejoras, reduzcan los costos de producción y cumplan con los objetivos del proyecto. Por ello, en la siguiente tabla se mostrará los criterios que se deben considerar para emplear la metodología:

Cuadro 2

Criterios de ventajas competitivas

Criterios (Ventajas competitivas)	Descripción
Costo	Contar con una metodología con el fin de reducir costos, de manera que dé resultados óptimos, usando recursos de costo mínimo y ejecutando eficientemente el proceso.
Duración	Emplear instrumentos que ayuden a mejorar la productividad a corto plazo.
Confianza	Mantener el rango de entrega de los productos en relación al tiempo, asimismo, conservar la calidad de los productos.
Innovación	Diseñar nuevos procesos para programar eficientemente la producción del producto, con el fin de fabricar más productos en un tiempo razonable
Calidad	Los productos deben adecuarse a los requisitos del cliente, con el fin de lograr una superioridad competitiva en relación a la calidad, con respecto a las otras organizaciones.
Cultura	La metodología a ejecutar debe generar una cultura organizacional óptima, con la finalidad de potenciar la productividad y el rendimiento universal de la empresa.

Fuente: Elaboración propia

De igual importancia, para precisar el nivel de impacto, consideraremos un rango del 1 al 5 donde, el mayor impacto es 5 y el menor es 1. La categoría de los criterios puede cambiar, dependiendo de las circunstancias de la empresa y sus necesidades.

Tabla 6

Puntuación de la matriz de priorización

Valor	Efecto
Muy bajo	1
Bajo	2
Moderado	3
Alto	4
Muy Alto	5

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, se muestra la matriz de priorización para definir cuál de las tres metodologías (Lean Six Sigma, QRM y TQM) es la más impactante:

Tabla 7*Matriz de priorización*

Proyecto / Actividad	Costo (1-5)	Duración (1-5)	Confianza (1-5)	Innovación (1-5)	Calidad (1-5)	Cultura (1-5)	Total
Lean Six Sigma	4	4	4	4	5	4	25
QRM	4	4	2	3	4	3	20
TQM	3	3	2	3	4	3	18

Fuente: Elaboración propia

Con el apoyo del gerente, en relación a las necesidades de la empresa, se llegó a un acuerdo donde, la implementación adecuada para la investigación fue la metodología LSS, siendo una metodología de mayor confianza y calidad.

4.2.5 Selección de la metodología

Para la elección de la metodología Lean Six Sigma, se ejecutó una reunión con el gerente y los operarios de la empresa. A través de una lluvia de ideas, se logra identificar determinados problemas:

- Falta de capacitación al personal para el cuidado de materiales.
- Alto porcentaje de humedad en el almacén de láminas de hierro silicoso y bobinas de alambre de cobre.
- Falta de control de calidad de materia prima y producto terminado.
- Falta de protocolos de limpieza.
- Aumento de costos de producción por el aumento de desperdicios.
- Cultura organizacional no eficiente.
- Bajo desempeño del personal.
- La vida útil del hierro silicoso solo es de una semana debido a que no está protegido de los agentes atmosféricos.

Por medio de la matriz de priorización, se escogió la metodología LSS para el proyecto de mejora, debido a que obtuvo el mayor puntaje (25). Resultando más confiable para lograr la finalidad de reducir los costos de producción y cumplir con los tiempos programados (aspecto validado por el gerente de la empresa).

Gracias al apoyo del gerente y de los operarios, se elige para su implementación a la metodología Lean Six Sigma. Se concluye que el proceso presenta las alternativas de solución a los problemas identificados.

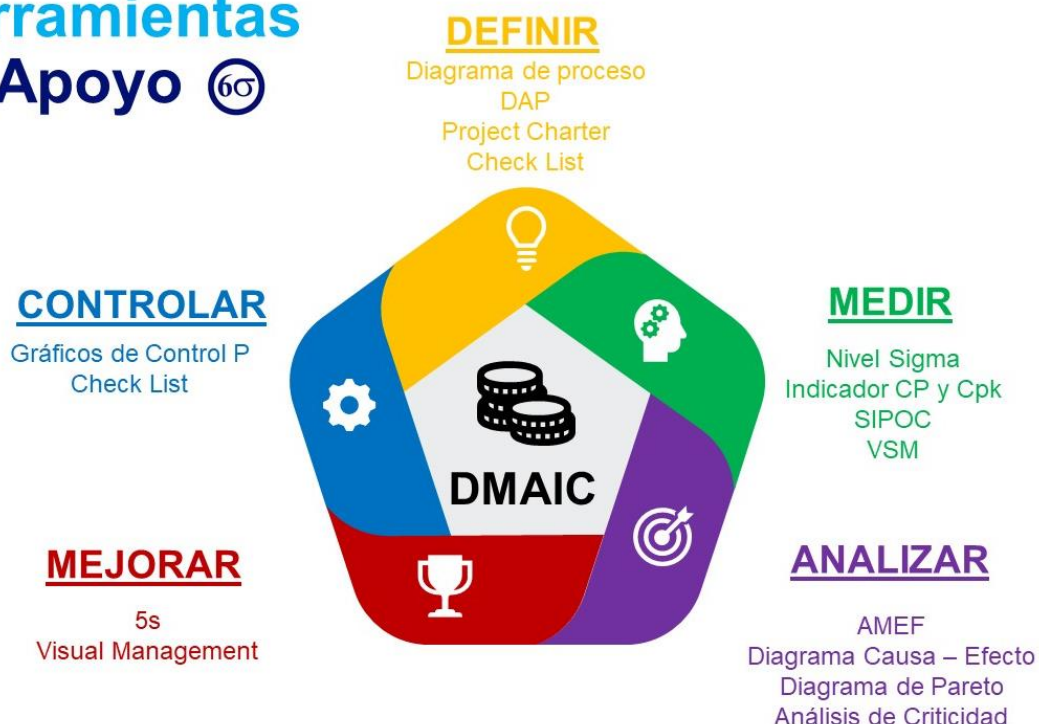
4.3 Solución del problema

En esta sección, explicaremos sobre los instrumentos que se utilizaron para la implementación de la metodología Lean Six Sigma. Para la implementación, se emplearon distintas herramientas, las cuales se cumplieron de manera ordenada en relación al método DMAIC. Este método cumplió con una serie de procedimientos los cuales son definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Asimismo, en la figura 15, se especifican las herramientas a usar:

Figura 15

Herramientas de apoyo (DMAIC)

Herramientas de Apoyo 6σ



Fuente: Elaboración propia

4.3.1 Definir

En la fase definir, los instrumentos que se usaron para el diagnóstico, son herramientas como diagrama de procesos y diagrama de análisis de proceso, con el fin de conocer cómo está trabajando el proceso actual de la fabricación de transformadores y determinar el factor que causa que haya un aumento de costos de producción. Asimismo, conocer a las personas involucradas en el proyecto de mejora. Además, con el desarrollo de entrevistas y encuestas para el personal de trabajo, se dio a conocer las causas de los problemas encontrados en la empresa.

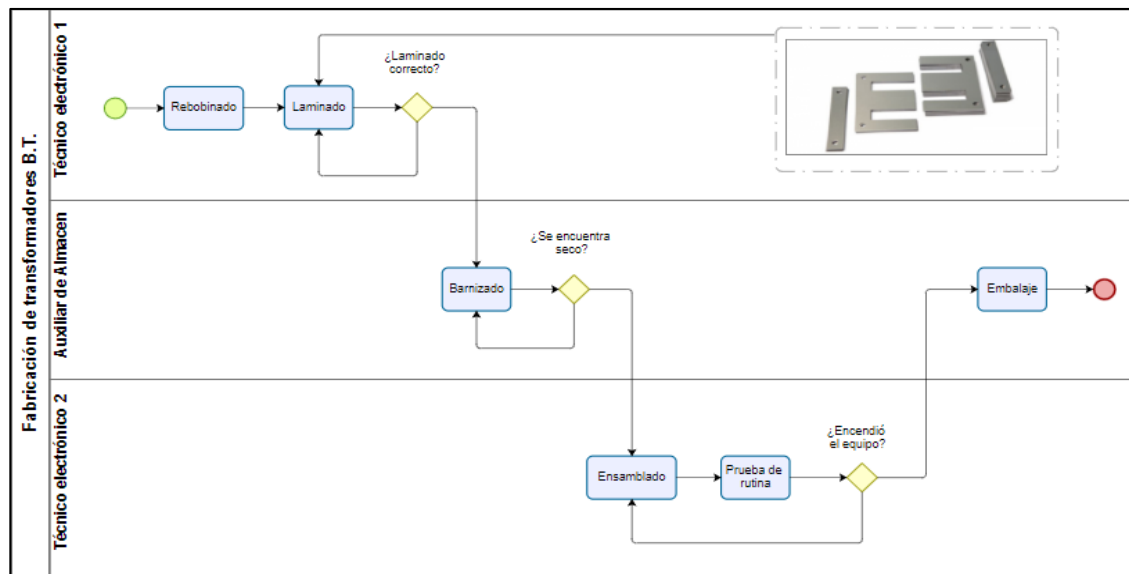
4.3.1.1 Diagrama de proceso

Para el proceso de fabricación de transformadores B.T., se necesita de 3 colaboradores. El primer técnico se encarga de los primeros dos procesos, los cuales son rebobinado y

laminado. Debido a la falta de personal a causa de la pandemia del Covid-19, en este caso, el auxiliar de almacén apoyó en el proceso de barnizado. Por último, hay un segundo técnico electrónico que se encarga de realizar los procesos de ensamble y prueba del transformador, en caso de que el transformador no prenda, se vuelve a llevar el producto al proceso de ensamblado.

Figura 16

Diagrama de procesos




Fuente: Elaboración propia

4.3.1.2 Diagrama de análisis de proceso (DAP)

Con el apoyo del personal del área de producción, se empleó la herramienta DAP con el fin de comprender los procesos y los puntos a mejorar. Asimismo, se resumió lo trabajado en la fabricación de transformadores, y se identificó cuáles son las tareas que presentan mayor porcentaje de no conformidades:

Figura 17

Diagrama de análisis del proceso de fabricación de transformadores antes de la implementación de las acciones de mejora

		DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO									
Diagrama No.	Hoja No.	OPERARIO		MATERIAL		EQUIPO					
Objetivo:	Revisión y seguimiento de los procesos de la fabricación de transformadores							RESUMEN			
Proceso analizado:	Elaboración de transformadores de baja tensión	ACTIVIDAD		ACTUAL		Comentarios					
Metodo:	Actual <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto <input type="checkbox"/>	Operación		15		Hay un retraso de tiempos en el proceso de laminado, los operarios no usan guantes para la colocación de laminas. Al tocar las laminas con los dedos, deja bacterias y suciedad en ellas, resultando desgaste en la vida útil del transformador.					
Localización:	Taller de producción Lima, Los Olivos	Transporte		6							
Operario:	2	Espera		2							
		Inspección		5							
		Almacenamiento		2							
		Distancia (m)		27							
		Tiempo (minutos)		140							
Descripción		Distancia	Tiempo (minutos)	Símbolo						Observaciones	
Rebobinado											
Llevar cantidad de materia prima al área de producción	3	5		●							
Inspección de los materiales en la mesa de trabajo	-	1					●				
Prender Rebobinadora	-	1		●							
Colocación de papel dieléctrico en el eje de la maquina	-	4		●							
Agregar alambre de cobre	-	3		●						Usar guantes	
Rebobinar alambre de cobre	-	35		●						Ordenar herramientas de trabajo	
Soldar cable GPT 20	-	3		●							
Agregar papel dielectrico	-	3		●							
Ajuste del chasis de la bobina	-	1		●							
Laminado											
Agregar laminas de fierro silicoso E	-	20		●						Realizar check list de la cantidad de laminas usadas. Usar guantes	
Agregar laminas de fierro silicoso i	-	10		●						Realizar check list de la cantidad de laminas usadas. Usar guantes	
Inspección visual de la colocación de laminas	-	2					●			Algunas laminas están mal colocadas	
Llevar bobina a la mesa de trabajo (barniz)	3	0.5			●						
Barnizado											
Barnizar bobina	-	1		●							
Espera del secado		9				●					
Inspección del secado	-	0.5					●				
Llevar a la sala de ensamble	3	0.5			●						
Ensamblado											
Ensamblado del transformador	-	10		●							
Colocar llave termica		3									
Inspección del ensamblado	-	1					●				
Llevar transformador a la sala de prueba de rutina	2	0.5			●						
Prueba de rutina											
Realizar operación de prueba de rutina	-	5		●							
Espera del funcionamiento del transformador	-	2				●					
Llevar producto terminado al área de empaçado	3	0.5			●						
Embalaje											
Colocación de codigo de serie (etiquetado)	-	2		●							
Embalaje del transformador con rollo film	-	3		●							
Colocación de transformadores en cajas	-	2		●							
Inspección del pedido	-	1					●				
Traslado al área de almacenamiento de productos terminados	5	0.5			●						
Almacenamiento	-	10							●		
TOTAL		27	140	15	6	2	5	2			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

Tiempo total de los procesos de fabricación de transformadores B.T. antes de la implementación de las acciones de mejora

Procesos	Tiempos
Rebobina	56 min
Laminado	32.5 min
Barnizado	11 min
Ensamblado	14.5 min
Prueba de rutina	7.5 min
Embalaje	18.5 min
Total	140 min

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar, el tiempo de fabricación de un solo transformador de baja tensión (tiempos obtenidos en el DAP) es de 2 horas con 20 minutos, siendo el proceso de rebobinado y laminado los de mayor duración. Esta demora es a causa de la falta de gestión y control de materiales ya que, la materia prima no está ubicada en el almacén según sus características. Asimismo, se generan reprocesos en el proceso de laminado respecto a la colocación de láminas de hierro silicoso en los transformadores debido a que, los operarios no cuentan con las prácticas y métodos necesarios. A continuación, mediante la siguiente tabla, conoceremos cuáles son los materiales que generan mayor porcentaje de no conformidades, las cuales están relacionadas con los costos:

Tabla 9

Tabla de costos de los procesos de fabricación de transformadores B.T. antes de la implementación de las acciones de mejora

Procesos	U.M.	Materia prima	Cantidad	Desperdicios	% no conformidades	Precio unitario	Costos mensuales	Costos anuales
Rebobinado	kg	Alambre de cobre	300	43	14%	S/ 46.51	S/ 1,999.89	S/ 23,998.64
Laminado	kg	Lamina de hierro silicoso	600	324	54%	S/ 12.58	S/ 4,075.92	S/ 48,911.04
Barnizado	Galón	Barniz dieléctrico	10	2	20%	S/ 99.90	S/ 199.80	S/ 2,397.60
Ensamblado	unid	Gabinete metálico de transformador	160	15	9%	S/ 55.00	S/ 825.00	S/ 9,900.00
Prueba de rutina	unid	Cable de poder	50	4	8%	S/ 4.90	S/ 19.60	S/ 235.20
Embalaje	unid	Cajas de cartón	35	4	11%	S/ 4.50	S/ 18.00	S/ 216.00
Total							S/ 7,138.21	S/ 85,658.48

Fuente: Elaboración propia

Mediante los resultados de la tabla 9, la materia prima que ha generado mayor porcentaje de no conformidades es la lámina de hierro silicoso. A mayor porcentaje de no conformidades se incrementa el costo de producción. Este porcentaje de no conformidades, representa el 54% del proceso de laminado, hallado mediante la división de los desperdicios que ascienden a 324 kilos de láminas de hierro silicoso, de una cantidad total de materia prima de 600 kilos. Este hallazgo es de suma importancia para saber cuál es el proceso que genera mayores gastos y de la misma manera determinar y conocer la causa raíz del aumento de costos de producción. Estos costos se han obtenido mediante registros.

4.3.1.3 Check List 5s

Antes de la implementación de las 5s, se ejecutó una evaluación cuyo propósito para el trabajo, fue comparar el antes y después de lo que se ha avanzado y mejorado en los lugares de trabajo críticos. El formato consta del estudio de las 5s correspondientes. Así mismo, se realizaron un conjunto de preguntas en relación a la importancia del trabajo. El Check List se ejecutó en el mes de enero del 2021, y ayudó a proporcionar un mejor entendimiento y control de los resultados. Además, nos permitió identificar en qué estado

se encuentra la empresa en relación a la filosofía 5s:

Tabla 10

Check List 5s, enero

CHECK LIST DE EVALUACIÓN							
Nº	Nota: 0 = Muy malo, 1 = malo, 2 = moderado, 3 = bueno, 4 = perfecto	Puntaje					Calificación
	Seleccionar	0	1	2	3	4	
1	Existen material o equipos innecesarios			X			2
2	Hay guías o reglas para separar los materiales, herramientas o equipos innecesarios		X				1
3	Los materiales están en su lugar asignado.		X				1
4	Tiempo de entrega de material			X			2
SUBTOTAL							6
	Ordenar	0	1	2	3	4	Calificación
5	Se encuentra el espacio correspondiente a pasillos		X				1
6	Los botes de basura están en el lugar designado para estos.			X			2
7	Se encuentran señalados o identificados el nombre de las cosas		X				1
8	Existe algun tipo de costumbre o cultura para devolver las cosas en su lugar de orden		X				1
SUBTOTAL							5
	Limpiar	0	1	2	3	4	Calificación
9	El escritorio se encuentra limpio.			X			2
10	El piso está libre de polvo, basura, componentes y manchas.			X			2
11	Las paredes y muros están limpios.	X					0
12	Los planes de limpieza se realizan en la fecha establecida.		X				1
SUBTOTAL							5
	Estandarizar	0	1	2	3	4	Calificación
13	¿Se respetan constantemente las normas y procedimientos?		X				1
14	¿Están asignadas las responsabilidades de limpieza?		X				1
15	¿Los trabajadores disponene de toda la información necesaria como normas, procedimientos para la elaboración de productos en sus puestos de trabajo?			X			2
16	¿Se encuentran los almacenes limpios y en ordenados?	X					0
SUBTOTAL							4
	Disciplinar	0	1	2	3	4	Calificación
17	Los trabajadores respetan los procedimientos de seguridad		X				1
18	Es observada la limpieza y el orden en la empresa		X				1
19	La basura y los desperdicios están bien ubicados y ordenados		X				1
20	Los trabajadores se encuentran capacitados para el manejo de materiales		X				1
SUBTOTAL							4

Fuente: Elaboración propia

Además, en la siguiente ilustración se consideró la calificación de puntos para el Check

List:

Tabla 11*Guía de calificación del Check List 5s*

Guía de calificación
0 = muy malo
1 = malo
2 = Moderado
3 = bueno
4 = Perfecto

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente ilustración, se muestran los resultados obtenidos en el mes de enero del 2021:

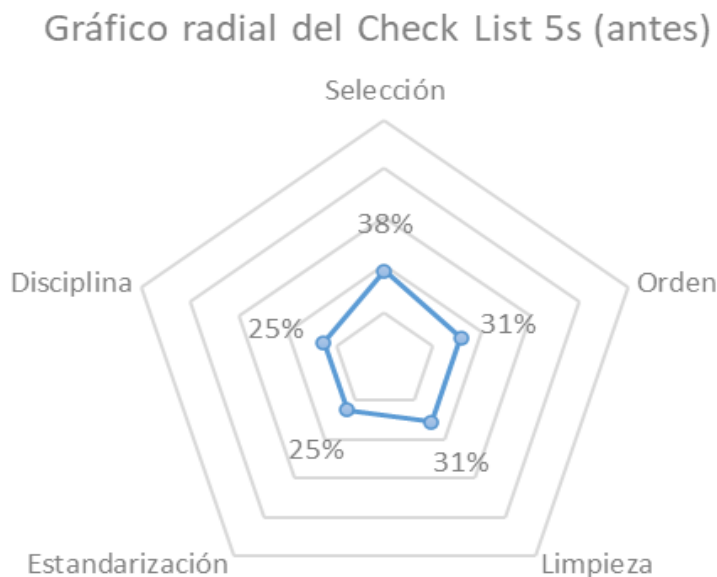
Tabla 12*Resultado del Check List 5s, enero*

Descripción	Puntos	Máximo	Porcentajes
Selección	6	16	38%
Orden	5	16	31%
Limpieza	5	16	31%
Estandarización	4	16	25%
Disciplina	4	16	25%
Total	24		

Fuente: Elaboración propia

Figura 18

Gráfico radial de los resultados del Check List 5S, enero



Fuente: Elaboración propia

Podemos concluir que, los porcentajes mostrados en la figura 18, son muy bajos; por ello, es de gran importancia desarrollar capacitaciones y aplicar las herramientas Lean adecuadas que amortigüen los problemas de la empresa.

4.3.1.4 Check List 8 desperdicios (8D)

Se realizó un Check List en relación a los ocho tipos de desperdicios: reproceso, inventario, defectos, destreza de los empleados, sobreproducción, espera, movimiento y transporte. Esto tuvo como finalidad eliminar los riesgos originados en las áreas de trabajo, mejorar efectivamente los procesos de trabajo, proporcionar flexibilidad para adecuarse al cambio y que haya un mejor control de materiales e insumos disponibles. Asimismo, se consideró la guía de calificación de las 5s para asignar el puntaje:

Tabla 13

Check List 8 desperdicios, enero

CHECK LIST DE EVALUACIÓN							
Nº	Nota: 0 = Muy malo, 1 = malo, 2 = moderado, 3 = bueno, 4 = perfecto	Puntaje					Calificación
		0	1	2	3	4	
Re-proceso							
1	¿Son apropiados los procesos que usas en tu empresa?			X			2
2	¿Las especificaciones han sido actualizadas en los últimos 6 meses?	X					0
3	¿Ha confirmado alguien que esto es exactamente lo que necesita el cliente en términos de acabado, ensamblaje, etc.?				X		3
4	¿Se ha revisado este proceso durante los últimos seis meses?	X					0
SUBTOTAL							5
Inventario							
5	¿Existen materiales en el piso que interrumpe las actividades o cajas en las oficinas?		X				1
6	¿Los trabajadores trabajan en su máxima capacidad?		X				1
7	¿Existe un exceso de materiales acumulados en el área?		X				1
8	¿Hay un plan de control de las mercancías?		X				1
SUBTOTAL							4
Defectos							
9	¿Existen procesos estándares bien documentados?			X			2
10	¿Existen programas de capacitación multidisciplinarios efectivos?	X					0
11	¿Los trabajadores trabajan en su máxima capacidad?		X				1
12	¿Se generó el entregable que solicitaste?		X				1
SUBTOTAL							4
Destreza de los empleados							
13	¿Los colaboradores están capacitados en todos los campos de manera efectiva?			X			2
14	¿Los colaboradores se animan en sugerir mejoras?	X					1
15	¿Los colaboradores tienen el permiso de realizar mejoras?	X					1
16	¿Se forman a los colaboradores en las mejores prácticas?	X					1
SUBTOTAL							5
Sobre-producción							
17	¿Existe inventario excesivo debido al tiempo de fabricación de transformadores B.T.?			X			2
18	¿El flujo de trabajo es efectivo?		X				1
19	¿Se ha realizado un diagnostico en relación al exceso de stock en los últimos 6 meses?	X					0
20	¿Se está fabricando los transformadores B.T. de acuerdo a la demanda del cliente?				X		3
SUBTOTAL							6
Espera(Lista de espera)							
21	¿Existen demoras en la entrega de material o información?		X				1
22	¿Las actividades de la empresa se realizan de forma puntual?		X				1
23	¿Hay cuellos de botella que impactan en el tiempo de continuidad de la operación?			X			2
24	¿Existe paros técnicos?		X				1
SUBTOTAL							5
Movimiento							
25	¿Se ha tenido en cuenta algún diseño ergonómico del puesto de trabajo?	X					0
26	¿Existe información o conocimiento de las herramientas adecuadas para hacer el trabajo mas accesible y fácil?		X				1
27	¿Las herramientas o la información necesaria para realizar las tareas de trabajo están accesibles en 5 segundos?		X				1
28	¿Existen ciertos espacios de trabajo que interrumpan en el flujo de actividades?			X			2
SUBTOTAL							4
Transporte							
29	¿Se entrega a mano la información o tarea realizada en la empresa?				X		3
30	¿Se entrega el trabajo en su momento en el lugar adecuado?			X			2
31	¿Hay largos recorridos para trasladar la mercancía?				X		3
32	¿Existen maquinarias o equipamientos para trasladar la mercancía?	X					0
SUBTOTAL							8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14

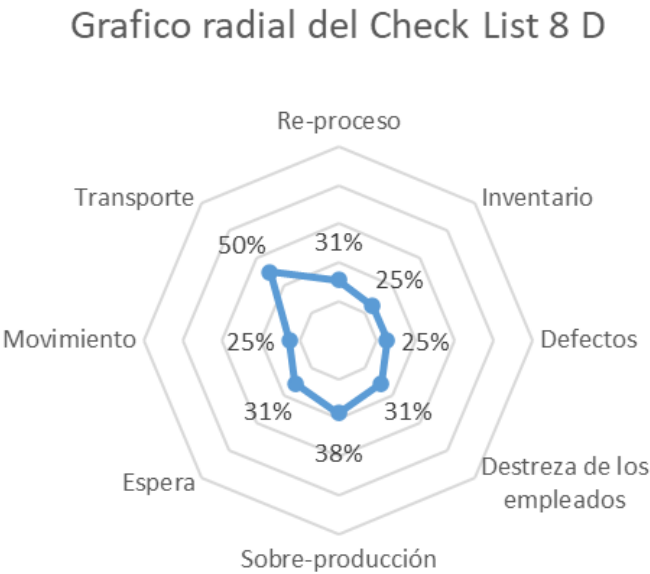
Resultado del Check List 8 desperdicios, enero

Descripción	Puntos	Máximo	Porcentajes
Re-proceso	5	16	31%
Inventario	4	16	25%
Defectos	4	16	25%
Destreza de los empleados	5	16	31%
Sobre-producción	6	16	38%
Espera	5	16	31%
Movimiento	4	16	25%
Transporte	8	16	50%
Total	41		

Fuente: Elaboración propia

Figura 19

Gráfico radial de los resultados del Check List 8D, enero




Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la figura 19, el porcentaje de los tipos de desperdicios de inventario, defectos y movimiento, son los que más han descendido, teniendo un porcentaje de 25%, dándonos a entender que, los factores que pueden causar mayores desperdicios son: la mala ubicación de recursos en relación al movimiento, la falta de limpieza y control de materiales en relación al inventario y los defectos encontrados en los transformadores a causa de la falta de supervisión del proceso.

4.3.1.5 Project Charter

Cuadro 3

Project Charter NIUSA S.A.C.

Project Charter (Carta de Proyecto)		
 <p>Título: Implementación de la Metodología Lean Six Sigma para reducir costos de producción en el proceso de fabricación de transformadores de baja tensión en la empresa NIUSA S.A.C.</p>		
Lider del Proyecto: Miguel Ángel Castillo Niquén Caso de Negocio: Existe una tendencia en el aumento de costo de producción, dando como resultado bajos ingresos a la empresa. La información no está centralizada, y la gerencia general no tiene un real control de lo que pasa en la empresa. La ejecución de este proyecto tiene como fin reducir costos mejorando la gestión actual. Por ello, se realiza una recopilación de datos para amortiguar en la causa y aplicar mejoras.	Equipo:	
	Puesto	Responsabilidad
	Lider del Proyecto	Definición del proyecto y establecimiento de objetivos. Medir, analizar, mejorar y controlar el proyecto.
	Gerente General	Asesorar y supervisar el desarrollo del proyecto.
Declaración del Problema/Oportunidad: Actualmente, en la empresa NIUSA S.A.C. se ha generado costos de producción debido al bajo control de calidad de los materiales y a la humedad, afectando así a la materia prima. En este caso, la materia prima que mas causa gastos es la lamina de fierro silicoso. Los agentes atmosfericos afectan a la vida útil de las laminas dejandolas oxidadas e inutilizables. Asimismo, al implementar Lean Six Sigma, ayudará a la empresa a identificar las causas que afecten a la materia prima con herramientas de calidad y amortiguar en ellas.	Operarios	Cooperación para llevar acabo la implantación de mejora.
	Objetivo General (Proposito y metas para el proyecto): -Reducir los costos de producción en el proceso de fabricación de transformadores de baja tensión. Objetivos específicos: -Determinar mediante un diagnóstico el proceso productivo de la empresa. -Determinar y proponer la adaptación de acciones de gran impacto y bajo esfuerzo para la reducción de costos de producción. -Determinar la influencia de la metodología LSS, definiendo los pasos a seguir en relación a la metodológica DMAIC para reducir los costos de producción. -Determinar los resultados económicos al aplicar metodología Lean Six Sigma en la empresa	
Alcance del proyecto, restricciones, compromisos: El lider del proyecto se compromete en cumplir con las funciones de la implementación y recolección de datos, del mismo modo, tomara las decisiones necesaria para el accionamiento de las soluciones.	Partes Interesadas (Stakeholders): Gerente General, Alta Dirección de Calidad, Auxiliar de Almacén y Técnicos Electrónicos.	
Planificación Preliminar (Cronograma)	Fecha objetivo	Fecha Real
Fecha de comienzo:	4 de enero del 2021	6 de enero del 2021
DEFINIR	5 de enero del 2021	8 de enero del 2021
MEDIR	10 de enero del 2021	10 de enero del 2021
ANALIZAR	26 de enero del 2021	26 de enero del 2021
MEJORAR	17 de febrero del 2021	19 de febrero del 2021
CONTROLAR	2 de marzo del 2021	3 de marzo del 2021
Fecha de Finalización:	5 de abril del 2021	6 de abril del 2021

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Medir

La finalidad de esta fase es medir la permanencia y el rendimiento del proceso de transformadores. Asimismo, se llevó a cabo el uso de la herramienta SIPOC, VSM y los indicadores Cp, Cpk y nivel sigma para definir si la empresa está o no trabajando de manera capaz y efectiva.

4.3.2.1 Nivel Six Sigma (Actual)

Para hallar el nivel sigma, se usó la siguiente tabla de conversión, con el propósito de conocer el DPMO:

Tabla 15

Tabla de conversión Six Sigma

Abridged Process Sigma Conversion Table						
<i>Long-Term Yield</i>	<i>Process Sigma</i>	<i>Defects Per 1,000,000</i>	<i>Defects Per 100,000</i>	<i>Defects Per 10,000</i>	<i>Defects Per 1,000</i>	<i>Defects Per 100</i>
99.99968%	6.0	3.4	0.34	0.034	0.0034	0.00034
99.99955%	5.9	5	0.5	0.05	0.005	0.0005
99.9992%	5.8	8	0.8	0.08	0.008	0.0008
99.9990%	5.7	10	1	0.1	0.01	0.001
99.9980%	5.6	20	2	0.2	0.02	0.002
99.9970%	5.5	30	3	0.3	0.03	0.003
99.9960%	5.4	40	4	0.4	0.04	0.004
99.9930%	5.3	70	7	0.7	0.07	0.007
99.9900%	5.2	100	10	1.0	0.1	0.01
99.9850%	5.1	150	15	1.5	0.15	0.015
99.9700%	5.0	230	23	2.3	0.23	0.023
99.9670%	4.9	330	33	3.3	0.33	0.033
99.9520%	4.8	480	48	4.8	0.48	0.048
99.9302%	4.7	680	68	6.8	0.68	0.068
99.9040%	4.6	960	96	9.6	0.96	0.096
99.8650%	4.5	1,350	135	13.5	1.35	0.135
99.8140%	4.4	1,840	184	18.4	1.84	0.184
99.7450%	4.3	2,550	255	25.5	2.55	0.255
99.6540%	4.2	3,460	346	34.6	3.46	0.346
99.5340%	4.1	4,660	466	46.6	4.66	0.466
99.3790%	4.0	6,210	621	62.1	6.21	0.621
99.1810%	3.9	8,190	819	81.9	8.19	0.819
98.930%	3.8	10,700	1,070	107	10.7	1.07
98.610%	3.7	13,900	1,390	139	13.9	1.39
98.220%	3.6	17,800	1,780	178	17.8	1.78
97.730%	3.5	22,700	2,270	227	22.7	2.27
97.130%	3.4	28,700	2,870	287	28.7	2.87
96.410%	3.3	35,900	3,590	359	35.9	3.59
95.540%	3.2	44,800	4,480	448	44.8	4.48
94.520%	3.1	54,800	5,480	548	54.8	5.48
93.320%	3.0	66,800	6,680	668	66.8	6.68
91.920%	2.9	80,800	8,080	808	80.8	8.08
90.320%	2.8	96,800	9,680	968	96.8	9.68
88.50%	2.7	115,000	11,500	1,150	115	11.5
86.50%	2.6	135,000	13,500	1,350	135	13.5
84.20%	2.5	158,000	15,800	1,580	158	15.8
81.60%	2.4	184,000	18,400	1,840	184	18.4
78.80%	2.3	212,000	21,200	2,120	212	21.2
75.80%	2.2	242,000	24,200	2,420	242	24.2
72.60%	2.1	274,000	27,400	2,740	274	27.4
69.20%	2.0	308,000	30,800	3,080	308	30.8
65.60%	1.9	344,000	34,400	3,440	344	34.4
61.80%	1.8	382,000	38,200	3,820	382	38.2
58.00%	1.7	420,000	42,000	4,200	420	42
54.00%	1.6	460,000	46,000	4,600	460	46
50%	1.5	500,000	50,000	5,000	500	50
46%	1.4	540,000	54,000	5,400	540	54
43%	1.3	570,000	57,000	5,700	570	57
39%	1.2	610,000	61,000	6,100	610	61
35%	1.1	650,000	65,000	6,500	650	65
31%	1.0	690,000	69,000	6,900	690	69
28%	0.9	720,000	72,000	7,200	720	72
25%	0.8	750,000	75,000	7,500	750	75
22%	0.7	780,000	78,000	7,800	780	78
19%	0.6	810,000	81,000	8,100	810	81
16%	0.5	840,000	84,000	8,400	840	84
14%	0.4	860,000	86,000	8,600	860	86
12%	0.3	880,000	88,000	8,800	880	88
10%	0.2	900,000	90,000	9,000	900	90
8%	0.1	920,000	92,000	9,200	920	92

Nota. Esta tabla es necesaria para identificar el DPMO y el porcentaje de rendimiento donde se encuentra nuestra medición Six Sigma. Tomada de (Salazar, 2019).

Mediante la recopilación de datos, el proceso productivo de la empresa NIUSA S.A.C. se ha mantenido bajo en los últimos años debido a los problemas surgidos en el almacén 101 de láminas de hierro silicoso y alambres de cobre, dando como resultado altos costos de producción en la fabricación de transformadores por la materia prima inutilizable, los reprocesos y la mala ubicación de materiales. Por ello, se realizó una muestra de 110 transformadores para el cálculo del nivel Six Sigma donde se observó una serie de defectos por lote:

Tabla 16

Cantidad de transformadores por lotes antes de la implementación de las acciones de mejora

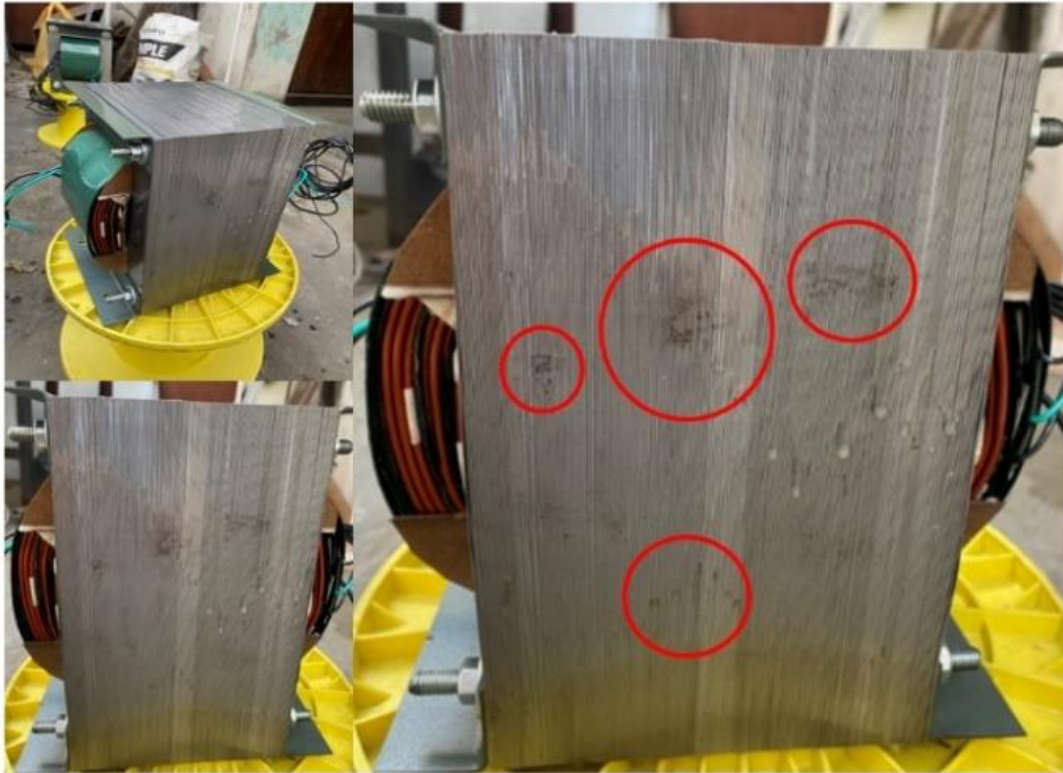
Lotes	Unidades	Defectos
1	5	2
2	5	1
3	5	2
4	5	2
5	5	2
6	5	1
7	5	2
8	5	1
9	5	1
10	5	2
11	5	2
12	5	2
13	5	2
14	5	1
15	5	2
16	5	1
17	5	1
18	5	2
19	5	1
20	5	2
21	5	1
22	5	2

Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, se muestra uno de los transformadores que se observó en el estudio de la muestra:

Figura 20

Transformador de baja tensión Niusa S.A.C.

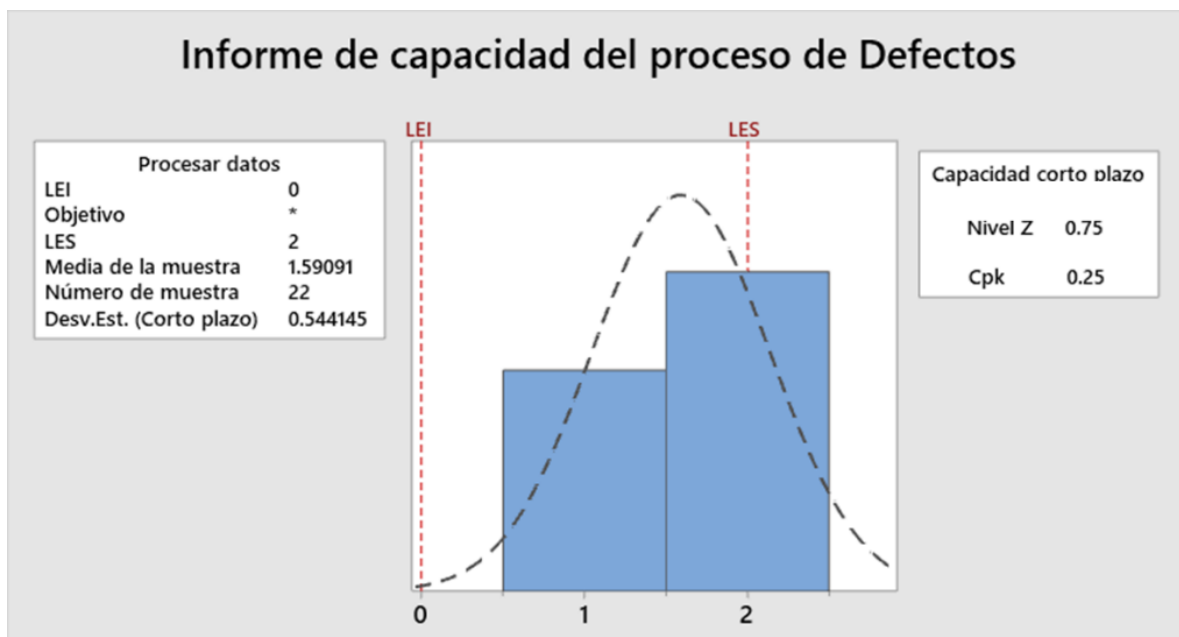


Fuente: Elaboración propia

Como se muestra la figura 20, en el estudio de la muestra, en la mayoría de transformadores se ha visualizado defectos como el mal encaje de las láminas y el óxido encontrado en los laterales del transformador. Una mínima descompostura en las láminas podría reducir la vida útil de los transformadores. Además, si el óxido llega al núcleo del transformador, podría dejar de funcionar. A continuación, mediante el uso del software Minitab, hallaremos el nivel sigma actual de la empresa:

Figura 21

Nivel Sigma antes de implementación de las acciones de mejora



Fuente: Elaboración propia

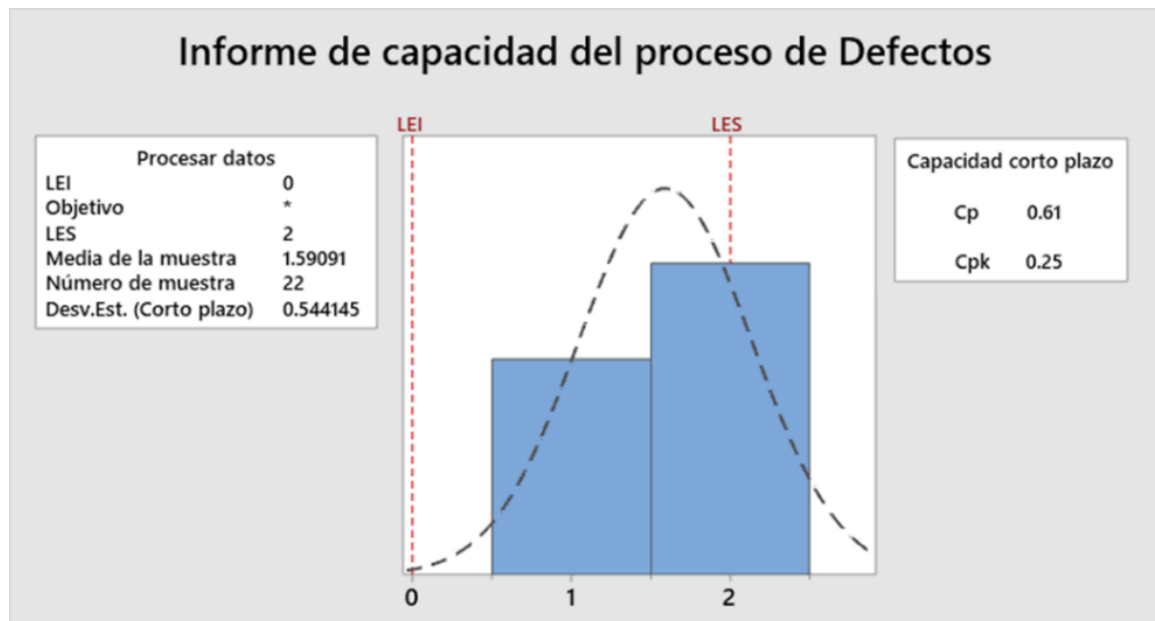
Como podemos observar en la figura 21, la curva de normalidad está más del lado del límite superior específico. Del mismo modo, se realizó un estudio de 110 transformadores donde se encontró un total de 35 fallas por 22 lotes de 5 unidades de transformadores. Asimismo, mediante el uso del programa Minitab, se obtuvo un nivel Sigma de 0.75 antes de aplicar la metodología, teniendo como resultado un DPMO de 773372.72, el cual, es la probabilidad de cantidad de unidades falladas de nuestro proceso, es decir, por cada millón de unidades que estamos procesando, se tiene la probabilidad de generar 773372.72 fallos, esto quiere decir que, el proceso actual no es capaz de cumplir con los requisitos del cliente. Por ello, al realizar el cálculo del nivel Six Sigma, este nos ayuda a entender la situación actual del proceso para llevarlo a un estado deseado de mejora. De igual importancia, se debe realizar un estudio de los factores que están afectando al proceso de fabricación ya que está lejos del nivel sigma correspondiente que es 6. Además, es necesaria la aplicación de herramientas Lean para amortiguar en las no conformidades que causan el aumento de costos de producción en la fabricación de transformadores.

4.3.2.2 Cp y Cpk (Actual)

De igual manera, hallamos el Cp y Cpk con el mismo software:

Figura 22

Nivel Cp y Cpk antes de la implementación de las acciones de mejora



Fuente: Elaboración propia

Para conocer la capacidad potencial del proceso, es necesario conocer la amplitud de nuestros datos reales. Por ello, al realizar el cálculo en el programa Minitab con los mismos datos que se usaron para hallar el nivel sigma, los resultados que se obtuvieron antes de la implementación fueron de un Cp de 0.61 y un Cpk de 0.25. Eso quiere decir que, el proceso no es capaz de cumplir con los requerimientos específicos de calidad; es necesario realizar una transformación y optimización del proceso de fabricación ya que, si el Cp se encuentra debajo de 0.67, eso significa que el proceso no está trabajando de manera adecuada; se debe dar prioridad y seguimiento de los procesos de la empresa debido a que muestran un bajo nivel de rendimiento. Asimismo, se requiere realizar modificaciones ajustadas a los hallazgos.

4.3.2.3 SIPOC

En este paso, se aplica la herramienta SIPOC para tener una mejor visualización de las partes interesadas, proveedores y procesos que interactúan entre sí. Esto permite al grupo reconocer las ineficiencias y realizar acciones para controlar y disminuir los costos. Asimismo, se determinó el proceso de distribución de transformadores para los consumidores mencionados en la siguiente ilustración:

Cuadro 4

SIPOC NIUSA S.A.C.

Suppliers	Inputs	Process	Outputs	Customers
*ALDEX GROUP SAC	*Alambre de cobre esmaltado	*Rebobinado	*Transformadores B.T. 1 kva	*ARIS INDUSTRIAL S.A.
*ELECTRONIC SIBLINGS SAC	*Barniz	*Laminado	*Transformadores B.T. 2.5 kva	*DATACONT SAC
*EDERSA S.A.	*Lamina de fierro silicoso I y E	*Barnizado	*Transformadores B.T. 5 kva	*DIPROXER SAC
*EXELCOM EIRL	*Cable (Cordon GPT, CVG, THW)	*Montaje	*Transformadores B.T. 15 kva	*ENOTRIA S.A.
*FUZZY CONTROL SAC	*Carretes: De Nylon y PVC	*Prueba de rutina	*Transformadores B.T. 40 kva	*IDD ELECTRONICA INDUSTRIAL SAC.
*GRUPO DELTRON SAC	*Cubiertas: Plancha LAF 1/16	*Embalaje		*LABORATORIOS ELIFARMA
*H & B ELECTRONIC SAC	*Espaguetti de vidrio barnizado			*MARINA DE GUERRA DEL PERU
*INTERCOMERCIAL SAC	*Soldadura: Estaño 60/40 de 0.8mm, 1.00mm de espesor			*MAXIMA INTERNACIONAL S.A.
*OLIVERA CO SAC	*Papeles aislantes			*MONTANA S.A.
*PROATECH SAC	*Pernos (con sus respectivos anillos y tuercas)			*PROCESOS CONTINUOS SAC.
*RE&GE IMPORT SAC	*Pintura: Pintura al horno,			*REGISTRO NACIONAL DE
*RJC IMPORT SAC				*REPRODATA SAC.
*SECMETAL EIRL				*SERVICIOS INDUSTRIALES DE
*W&G ELECTRIC CONTROL				*SMC CORPORATION SAC.
				*XEROX DEL PERU S.A.

Fuente: Elaboración propia

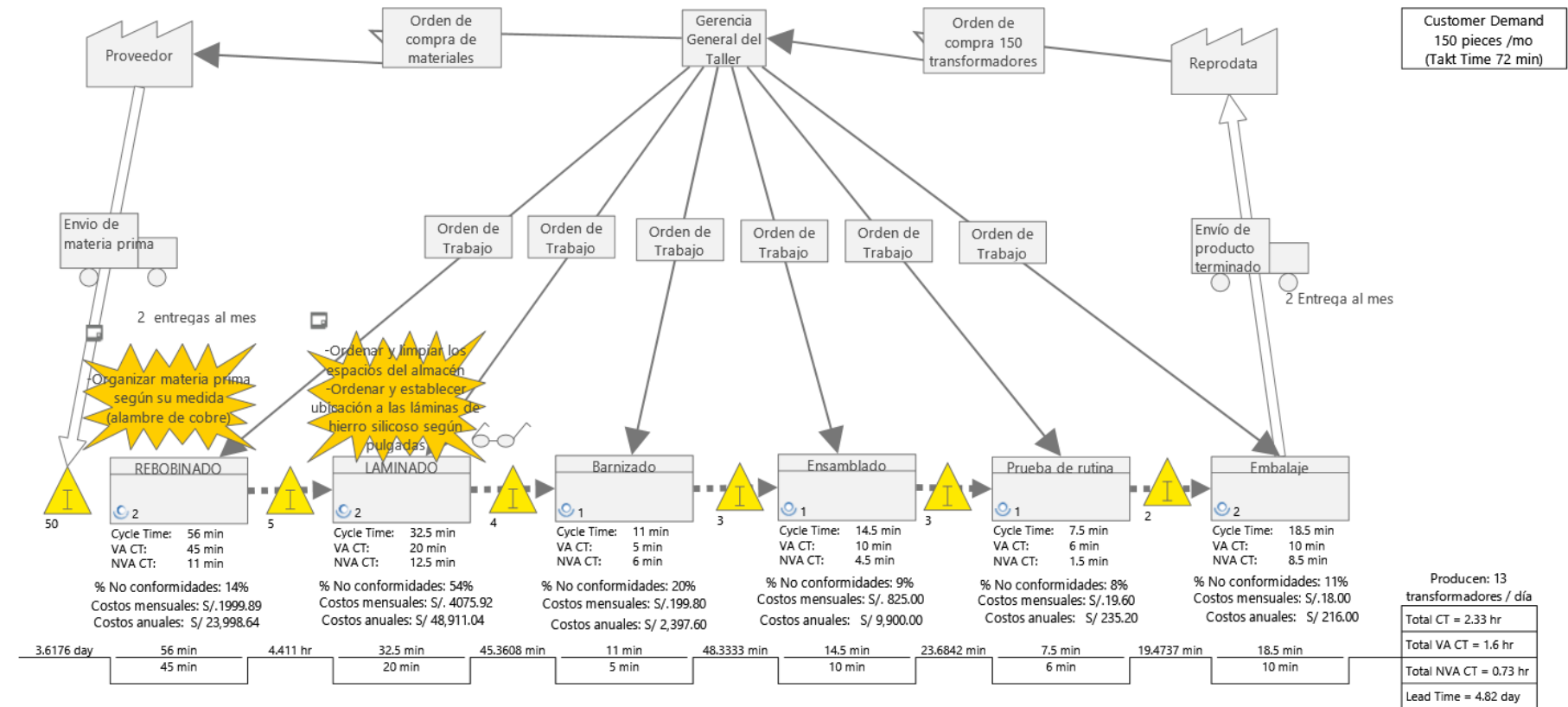
4.3.2.4 VSM

La técnica VSM muestra las actividades trabajadas en el proceso de producción que se llevan a cabo para la fabricación de transformadores (rebobinado, laminado, barnizado ensamblado, prueba de rutina y embalaje). Esta herramienta es de gran utilidad para

conocer las oportunidades de mejora que se pueden emplear en los procesos. Asimismo, permite conocer los puntos críticos de nuestro proceso de fabricación de transformadores con la finalidad de disminuir los tiempos, costos, desperdicios, entre otros factores. Como podemos observar, la empresa necesita producir 150 unidades de transformadores para la empresa Reprodata, mientras tanto, esa misma producción realiza 2 entregas cada 15 días.

Figura 23

VSM antes de implementar la metodología LSS



Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la figura 23, mediante la herramienta VSM, el proceso que generó mayor porcentaje de no conformidades y gastos, es el proceso de laminado; le sigue el proceso de rebobinado el cual tiene bajo porcentaje de no conformidades, pero influye en la rentabilidad por los costos generados. Asimismo, gracias al apoyo del gerente general, se logró establecer oportunidades de mejora (nubes amarillas arriba de los cuadros de proceso) en los procesos que presentan mayores gastos. Oportunidades de mejora como el orden y limpieza del almacén de láminas y alambres de cobre (almacén 101), como también ordenar y gestionar los materiales en una ubicación específica para facilitar las tareas de los colaboradores. Por lo tanto, esto quiere decir que, el problema podría partir del almacén 101, por ello, mediante herramientas de calidad, conoceremos la causa raíz en la siguiente fase *analizar*. De igual importancia, mencionar que los tiempos de ciclo que se visualizan en la herramienta VSM son los obtenidos de la herramienta DAP.

4.3.3 Analizar

Para este periodo, se trabajó en justificar las causas y efectos de los factores que afectan a la productividad, los cuales han sido observados dentro de la organización. Para ello, usamos las diferentes herramientas como AMEF, de la misma manera el diagrama de causa-efecto, y, por último, el diagrama de Pareto. Toda la recopilación de datos fue durante el mes de enero del 2021. Esta fase nos ayudó a conocer los factores principales que afectan la rentabilidad de la empresa; luego de conocerlas, pasamos a la siguiente fase de mejora, para erradicar las causas.

4.3.3.1 AMEF

Para este paso, se da prioridad al proceso que contenga mayor puntaje de NPR (número prioritario de riesgo). Luego de realizar un seguimiento de los procesos, de la gestión de materiales, de la cultura organizacional y del tiempo de trabajo, se aplicó la herramienta AMEF para identificar y determinar las fallas o defectos antes de que estos caigan en la

productividad. Además, se realizó una reunión con el gerente general y los operarios del área de producción para visualizar cuáles eran las fallas que podían ocurrir a largo plazo.

Como observamos en el cuadro 5, el proceso de mayor NPR es el proceso de laminado, esto significa que, en el proceso de laminado ocurren mayores problemas de defectos debido a que hay mayor aglomeración de desperdicios y que estos mismos son fácilmente vulnerables a la humedad, la falta de control de calidad y otros factores que veremos mediante el diagrama causa-efecto.

Cuadro 5

Matriz AMEF antes de implementar la metodología LSS

Parte del proceso	Modo de Fallo	Efecto en la falla	SEV	Causas	OCC	Controles	DET	NPR (Número prioritario de riesgo)	Acciones recomend.	Responsable
Rebobinado	Mala soldadura	Retrabajo / costos innecesarios	7	Quemaduras	4	Ninguno	5	140	Capacitación Lean Six Sigma, 5s	Miguel Castillo
	Mal uso del alambre de cobre (exceso de espiras)	Retrabajo / costos innecesarios	7	Daño en la bobina	6	Ninguno	5	210	Implementar instructivo de trabajo	Miguel Castillo
									Establecer Check List	Miguel Castillo / Hernan Durand
	Materiales aislantes del transformador en mal estado	Retrabajo / costos innecesarios	7	Descargas parciales	5	Ninguno	5	175	Realizar auditorías cada 15 días de los inventarios de materia prima.	Pedro Sanchez
Laminado	Laminas oxidadas (Humedad por salitre)	Retrabajo / costos innecesarios	8	Mal montaje	6	Ninguno	7	336	Cambiar método de almacenamiento	Miguel Castillo / Pedro Sanchez
									Establecer Check List	Miguel Castillo
									Realizar auditorías cada 15 días de los inventarios de materia prima.	Pedro Sanchez
	Mal encaje de las laminas	Retrabajo / costos innecesarios	8	Problemas en el suministro de energía	5	Ninguno	6	240	Capacitación del personal respecto al encaje de laminas para las bobinas	Miguel Castillo
Barnizado	No seca el producto	Retrabajo / costos innecesarios	5	Falta o ausencia de componente	6	Ninguno	4	120	Realizar toma de tiempos en el secado	Miguel Castillo
									Revisión del cumplimiento	Miguel Castillo
	Exceso uso del barniz (Intoxicación)	Retrabajo / costos innecesarios	5	Incomodidad / intoxicación	6	Ninguno	4	120	Aplicar instructivo de método de trabajo en el proceso de barnizado	Miguel Castillo
									Medir la cantidad de barniz para el producto	Miguel Castillo
Ensamble	Posicionamiento del equipo es incorrecto / Ensamble del equipo incorrecto	Retrabajo / costos innecesarios	4	Posturas forzadas / Ensamble del equipo es incorrecto	5	Ninguno	4	80	Ensamblar correctamente (capacitaciones)	Miguel Castillo / Pedro Sanchez
									Realizar auditorías cada 15 días del proceso de ensamble	Pedro Sanchez
Prueba de rutina	El equipo no enciende, presenta algunas fallas	Retrabajo / costos innecesarios	9	Corto circuito, equipo inoperativo	2	Ninguno	6	108	Quitar el producto de la línea de orden, se manda a realizar un diagnostico y luego al área de soporte	Carlos Nación
									Realizar instructivo del método de trabajo en el proceso de prueba de rutina	Carlos Nación
									Control del buen funcionamiento del transformador	Carlos Nación
Embalaje	El empaque no es correcto	Retrabajo	6	Daños de mercancía	3	Ninguno	4	72	Supervisión a la hora de embalar el producto	Miguel Castillo / Hernan Durand
									Realizar ensayo de los productos terminados	Miguel Castillo
									Realizar instructivo de trabajo del proceso de embalaje	Miguel Castillo
									Capacitación del personal sobre empaques y embalado	Miguel Castillo / Pedro Sanchez

Fuente: Elaboración de propia

4.3.3.2 Diagrama causa-efecto

Para la identificación de causas, se realizó un seguimiento tanto de los procesos y de otras tareas fundamentales de la empresa, asimismo, con el apoyo del gerente general y los operarios, mediante lluvia de ideas, pudimos determinar un conjunto de factores que pueden estar ocasionando los altos costos de producción. A continuación, mediante el software Minitab, mostraremos los siguientes factores a través de la herramienta diagrama causa-efecto.

Figura 24

Diagrama Causa - Efecto de la empresa Niusa S.A.C.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 24, vemos que las categorías de materiales y medio ambiente, son las que tienen mayores causas. Con el apoyo del gerente y los colaboradores, se escogieron 6 causas de mayor prioridad, a las cuales, se dará seguimiento en un mes para conocer los factores que se deben amortiguar con las herramientas Lean. A continuación, veremos en la siguiente herramienta.

4.3.3.3 Diagrama de Pareto

En este contexto, de los 6 factores que se debatieron y escogieron con el personal de trabajo para el desarrollo de la herramienta de Pareto (cuyo fin es conocer los problemas más importantes ocasionados en el proceso de laminado), se determinó que, de los 6 factores que se escogieron en el diagrama de Ishikawa, la humedad, la mala gestión de materiales y los inventarios mal realizados, son los factores que afectan en el aumento de desperdicios de láminas de hierro silicoso debido a que, el 80% de los defectos de la materia prima se debe al 20% de las causas (figura 25). Esta situación se ha determinado mediante registros de producciones pasadas y anotaciones por parte del área de producción.

A continuación, veremos el siguiente diagrama de Pareto en relación a los factores que causan desperdicios en el proceso de laminado:

Tabla 17

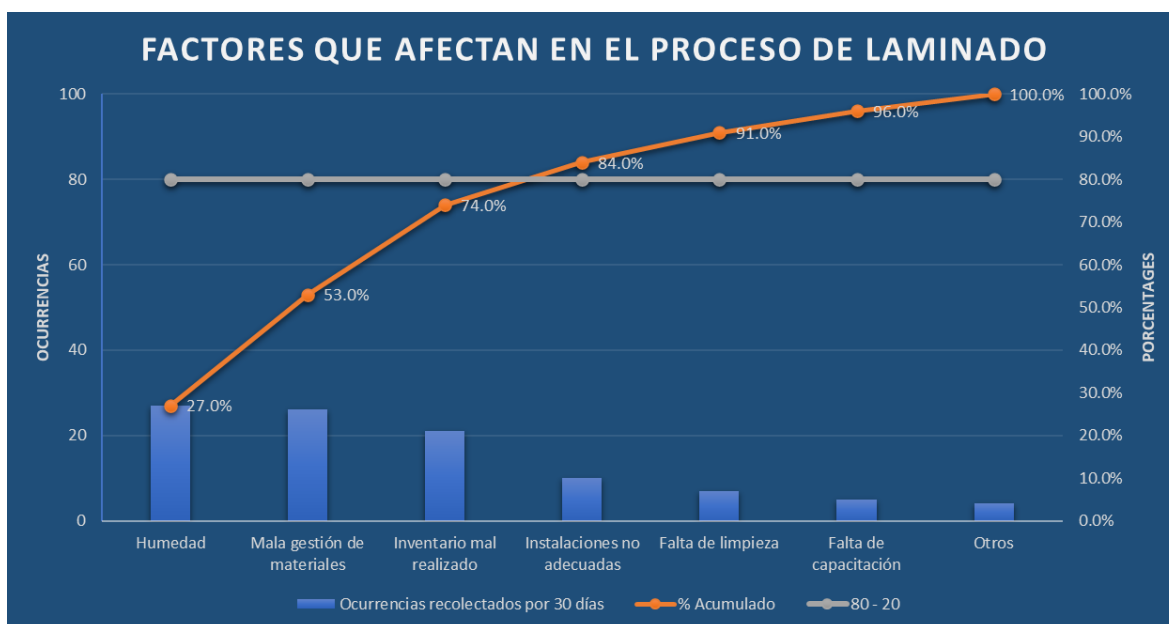
Factores que afectan al proceso de laminado

Causas de los altos costos de producción respecto al proceso de laminado					
Factores que afecten al material	Ocurrencias recolectados por 30 días	Porcentaje	Acumulado	% Acumulado	80 - 20
Humedad	27	27.0%	27	27.0%	80%
Mala gestión de materiales	26	26.0%	53	53.0%	80%
Inventario mal realizado	21	21.0%	74	74.0%	80%
Instalaciones no adecuadas	10	10.0%	84	84.0%	80%
Falta de limpieza	7	7.0%	91	91.0%	80%
Falta de capacitación	5	5.0%	96	96.0%	80%
Otros	4	4.0%	100	100.0%	80%
Total	100	100%			

Fuente: Elaboración propia

Figura 25

Diagrama de Pareto en relación de la cantidad de desperdicios en kg



Fuente: Elaboración propia

4.3.3.4 Análisis de criticidad

Para realizar el siguiente análisis, lo primero que se debe realizar es detallar las causas obtenidas en el diagrama de Pareto y conocer cuál es la que genera mayor número de eventos inapropiados. Para ello, utilizaremos una tabla de ponderación donde veremos la frecuencia de fallas, el impacto operacional, la flexibilidad, los costos de desperdicios mensuales y el impacto en la seguridad y ambiente. Esto nos ayudará a determinar por el número de criticidad, cuáles son las causas a las que se debe dar mayor prioridad e intervención.

Tabla 18

Tabla de factores ponderados para el análisis de criticidad

Frecuencia de fallas	Ponderación
Se presentan 8 o mas fallas por mes	4
Se presentan 5 a 7 fallas por mes	3
Se presentan 2 a 4 fallas por mes	2
Menor o igual a 1 falla por mes	1
Impacto operacional	
Parada inmediata de la producción	10
Afecta mas del 50% de la producción	7
Afecta menos del 50% a la producción	4
No afecta a la producción	1
Flexibilidad operacional	
No se dispone de los materiales de manera inmediata	4
El sistema puede seguir funcionando	2
Se dispone de los materiales	1
Costo de desperdicios mensuales	
Mas de S/. 4000.00	3
Entre S/. 1000.00 a S/. 4000.00	2
Menos de S/. 1000.00	1
Impacto en seguridad, ambiente e higiene	
Afecta al a seguridad de los colaboradores	8
Afecta al medio ambiente produciendo daños reversibles	6
Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores - accidentes e incidentes	2
Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola los defectos ambientales	1
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente	0

Fuente: Elaboración propia

Es necesario especificar que, para hallar el número de criticidad, se aplicó la siguiente fórmula con el fin de conocer en qué área crítica se encontraba la causa. Asimismo, se muestran los resultados obtenidos en la tabla 19:

Criticidad= Frecuencia x Consecuencia

Consecuencia = ((impacto operacional x Flexibilidad) + costo mantenimiento + Impacto de seguridad y salud).

Tabla 19

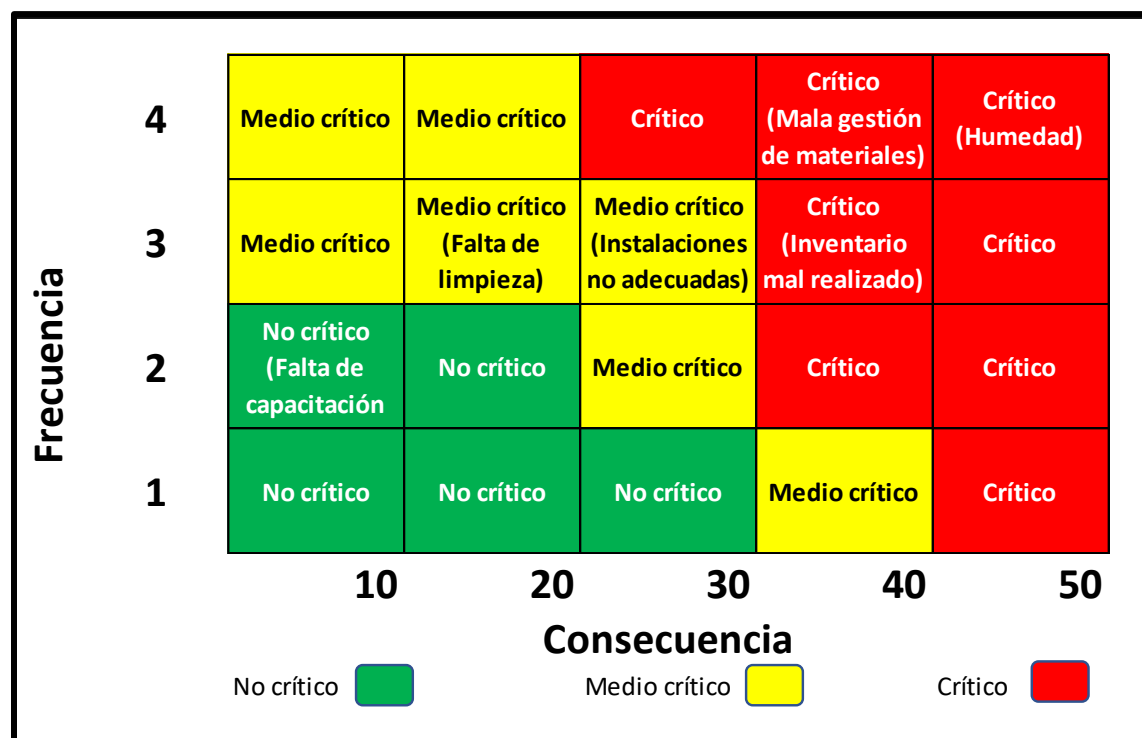
Tabla de resultados del análisis de criticidad

Fallas	Frecuencia de fallas	Impacto operacional	Flexibilidad	Costo de desperdicios mensuales	Impacto en seguridad, ambiente e higiene	Consecuencia	Criticidad	Área crítica
Humedad	4	9	4	3	7	46	184	Crítica
Mala gestión de materiales	4	8	3	2	7	33	132	Crítica
Inventario mal realizado	3	8	3	2	6	32	96	Crítica
Instalaciones no adecuadas	3	6	3	2	5	25	75	Media Crítica
Falta de limpieza	3	4	2	1	5	14	42	Media Crítica
Falta de capacitación	2	2	1	1	3	6	12	No Crítica

Fuente: Elaboración propia

Figura 26

Matriz de criticidad



Fuente: Elaboración con la gerencia general

Al realizar la tabulación de la tabla, esta debe tener concordancia con el diagrama de Pareto. Este 20% de fallas que identificamos en Pareto, son los factores críticos que están

generando desperdicios en el almacén 101. En este caso, la humedad, la mala gestión de materiales y el inventario mal realizado, son considerados como responsables del 80% de las fallas o las que generan mayores defectos en la materia prima. Asimismo, podemos ver que, los datos concuerdan con el diagrama de Pareto realizado, entonces, esto establece que se debe dar intervención inmediata en las primeras tres fallas. Además, podemos observar que, en relación a la matriz de criticidad, las tres primeras fallas se encuentran en el nivel crítico, que es la zona roja de la matriz.

4.3.4 Mejorar

Mediante la aplicación del AMEF, diagrama de Pareto y el diagrama de Ishikawa en la fase analizar, se concluyó que, los factores que afectaron a la materia prima del almacén 101 de láminas de hierro silicoso y alambres de cobre fueron:

- Humedad
- Mala gestión de materiales
- Inventario mal realizado

Gracias a ello, ahora podemos contrarrestar estos factores mediante las herramientas Lean que son Visual Management y 5s, las cuales tendrán un gran impacto en la organización, limpieza y aprovechamiento de las áreas del almacén 101, lo cual provoca la reducción de defectos de materia prima.

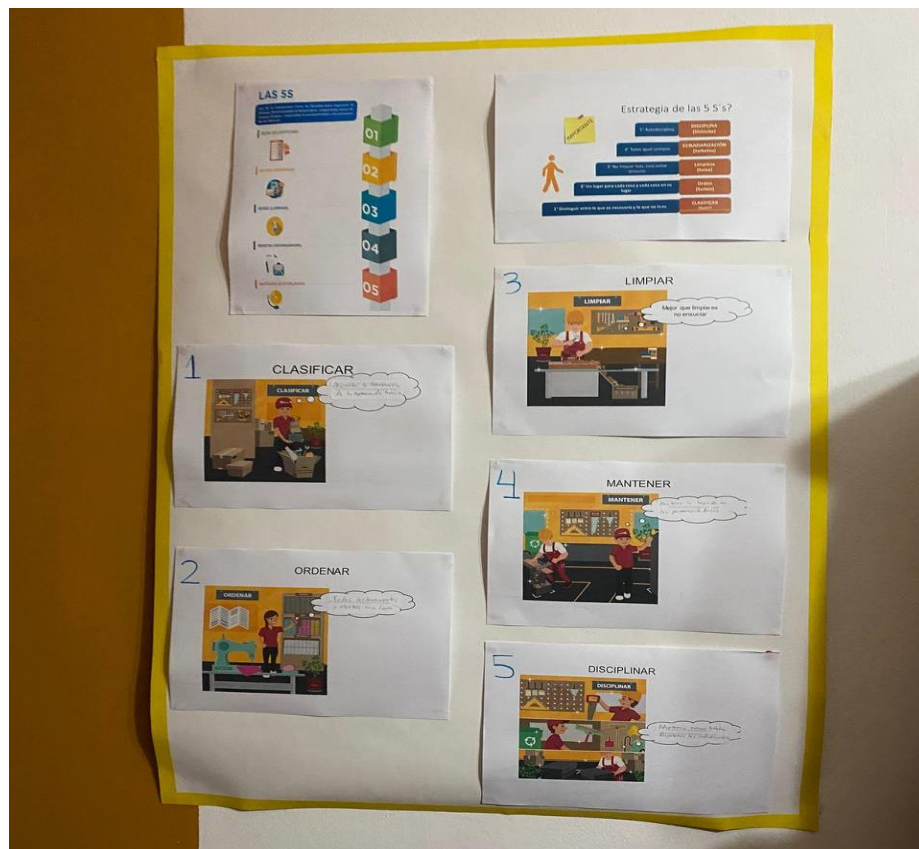
4.3.4.1 Implementación Visual Management

La herramienta Visual Management sirvió para transmitir con solo un vistazo, mensajes necesarios para cumplir mejor las actividades en la empresa NIUSA S.A.C. Esta práctica ayudó a que el personal tuviera información de los avances y resultados sin importar el formato o soporte del mensaje. Además, a que los colaboradores dispusieran de información actualizada, redujeran los defectos de calidad y las posibilidades de hacer interpretaciones equivocadas de datos. También es necesario indicar información básica

del manejo de materiales y del uso de herramientas de trabajo. Para ello, se colocó el siguiente tablero de gestión visual en el área de producción donde hay mayor aglomeración del personal. Asimismo, se visualiza los avances de la empresa, los Check List realizados, entre otros más, en dicho tablero:

Figura 27

Visual board de las 5s (Definición y fases)

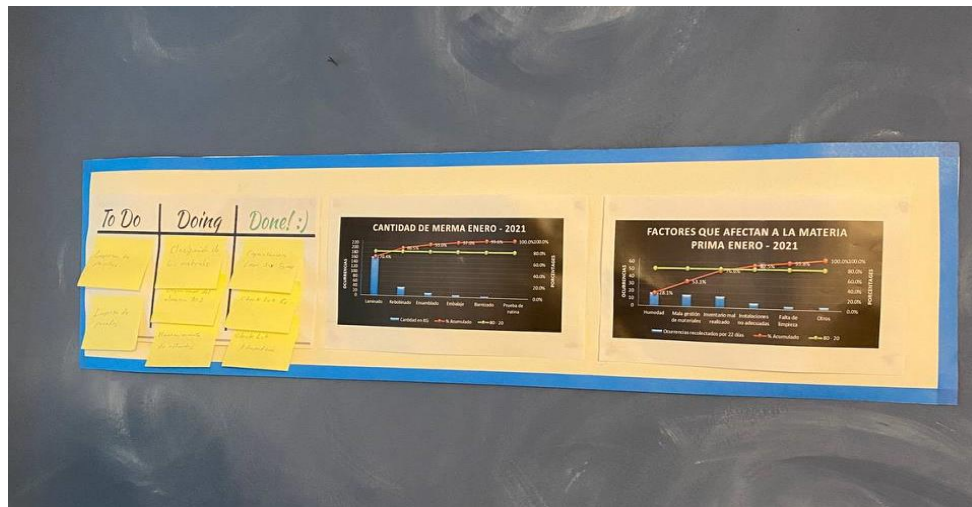


Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, se muestra la siguiente herramienta visual board en relación a la cantidad de desperdicios y factores que afectan a la materia prima. Asimismo, un letrero encaminado a Kanban donde se asignan tarjetas visuales para controlar el avance de trabajo.

Figura 28

Visual board Kanban y diagrama de Pareto en relación a los factores que afectan a la materia prima



Fuente: Elaboración propia

También se realizó un visual board para el control y manejo de materiales, mostrando las indicaciones para el cuidado de láminas de hierro silicoso, metal pesado, los gabinetes de metal de los transformadores, entre otros.

Figura 29

Indicaciones para el manejo y control de mercancías



Fuente: Elaboración propia

Además, se agregó señaléticas en el área de almacén 101 para el manejo y control de láminas de hierro silicoso ya que, el personal, al cargar las cajas sin las herramientas adecuadas, solían cortarse con el metal:

Figura 30

Señaléticas para el uso de equipo de protección personal



Fuente: Elaboración propia

Figura 31

Visual Board de los Check List realizados en el mes de enero de las 5s y 8d



Fuente: Elaboración propia

Por último, podemos observar en la figura 31, el visual board de los Check List realizados en relación a las 5s y a los 8 desperdicios. Además, se muestra una gráfica de los indicadores mensuales con el fin de calibrar la productividad y poner en marcha acciones para mejorar los procesos. Asimismo, los indicadores fueron sencillos con la finalidad de que el personal entendiera con claridad el mensaje. El método más empleado fue a través de un semáforo. A continuación, mostraremos el significado de los colores:

- Rojo: Los resultados no han sido lo que se esperaba, nivel bajo (Realizar acciones de mejora inmediata).
- Amarillo: Que ha permanecido por debajo de las jerarquías de calidad determinadas, nivel intermedio (realizar un seguimiento de los procesos y actividades de la empresa para visualizar y entender cuáles son las causas).
- Verde: Cumple con las requerimientos y especificaciones, nivel óptimo (mantener en control los procesos).

Presupuesto Visual Management:

Tabla 20

Presupuesto Visual Management

Visual Management			
Impresiones de datos a mostrar (VM)	S/0.50	30	S/15.00
Limpiatipo	S/1.90	1	S/1.90
Cinta masking tape a color	S/1.90	2	S/3.80
Cartón corrugado blanco	S/1.60	6	S/9.60
SubTotal			S/30.30

Fuente: Elaboración propia

4.3.4.2 Implementación 5s

Para el periodo de mejora, se abarca la propuesta a implementar. A continuación, especificaremos los puntos a detallar:

a) Objetivos de implementación 5S:

- Mantener limpio y ordenado el almacén de láminas de hierro silicoso y bobinas de cobre (almacén 101).
- Disminuir la cantidad de desperdicios generados por la mala gestión de materiales.
- Reducir tiempos en la búsqueda de materiales para la fabricación de transformadores.
- Capacitar al personal del almacén y del área de producción sobre el uso y beneficios de la metodología 5s.
- Dar una mejor apariencia a la empresa para una mejor presentación a los clientes de la misma.
- Incentivar a los colaboradores hacia un cambio de cultura caracterizada por el aseo y el orden en las áreas de trabajo.

b) Alcance de implementación 5s:

Se aplicará a todos los procesos, áreas de trabajo y colaboradores.

c) Programa de implementación 5s:

4.3.4.2.1 Etapa 1: Seiri - Seleccionar

A. Objetivo: Separar los componentes innecesarios de los espacios de trabajo para facilitar la fabricación de transformadores B.T.

B. Desarrollo: En la etapa de desarrollo, se dividieron los materiales necesarios de los innecesarios. Asimismo, se determinó una secuencia:

1. Determinar y precisar las áreas críticas de trabajo

Las áreas críticas de la empresa a mejorar fueron las siguientes:

Cuadro 6

Lista de áreas críticas

Área	Descripción	Corresponde
Crítica	Áreas donde existe alto riesgo de salitre	Almacén 101 (almacén de láminas de hierro silicoso y bobinas de cobre)
Semi crítica	Áreas de mediano riesgo de salitre	Área de producción
No crítica	Áreas de bajo riesgo de salitre. Generalmente áreas administrativas	Área de admisión (recepción y sala de espera)

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se mostrará y detallará los criterios de clasificación considerados para la mejora:

Figura 32

Flujo para clasificación de materiales



Nota. Esta ilustración nos demuestra la clasificación de materiales respecto a las 5s donde se separó los útiles necesarios de los innecesarios. Tomado de (Rodríguez, 2004).

2. Identificación y clasificación de objetos necesarios e innecesarios

Los elementos innecesarios son aquellos catalogados como dañados, obsoletos y de más. Una vez identificados los objetos innecesarios, se marcaron en una tarjeta roja para que sean anotados en el registro correspondiente y así tomar las acciones correctivas de manera oportuna.

Figura 33

Tarjeta roja 5s



Formulario de Tarjeta Roja 5S. El formulario es rojo y tiene una forma de etiqueta con un agujero en la parte superior. Se divide en varias secciones con encabezados en blanco y contenido en rojo. Las secciones son: Información General, CATEGORIA, RAZON DE TARJETA y ACCION REQUERIDA. Cada sección contiene una lista de opciones con casillas de verificación y espacios para comentarios.

No. _____

TARJETA ROJA 5'S

Información Gen-

Propuesta por _____ Responsable de área _____

Area / Depto. _____

Descripción de artículo _____

CATEGORIA

<input type="checkbox"/> Máquina/Equipo	<input type="checkbox"/> Material gastable
<input type="checkbox"/> Herramienta	<input type="checkbox"/> Materia prima
<input type="checkbox"/> Instrumento	<input type="checkbox"/> Trabajo en proceso
<input type="checkbox"/> Partes eléctricas	<input type="checkbox"/> Producto terminado
<input type="checkbox"/> Partes mecánicas	<input type="checkbox"/> Otros

OTROS/COMENTARIO _____

RAZON DE TARJETA

<input type="checkbox"/> Innecesario	<input type="checkbox"/> Defectuoso
<input type="checkbox"/> Fuera de especificaciones	<input type="checkbox"/> Otros

Otros _____

ACCION REQUERIDA

<input type="checkbox"/> Eliminar
<input type="checkbox"/> Agrupar en espacio separado
<input type="checkbox"/> Retornar

Otros: _____

Nota. Esta tarjeta roja sirve para marcar algún objeto o material que obstaculice el espacio de trabajo y así tomar las acciones correctivas. Tomado de (The Cubbe, 2018).

3.- Realizar acciones propuestas para eliminación:

Luego de visualizar los materiales innecesarios y etiquetarlos con las tarjetas rojas, los representantes realizaron las acciones pertinentes:

- Trasladar los materiales etiquetados a una nueva sección o ubicación del lugar de trabajo.
- Almacenar el material clasificado como innecesario fuera del lugar de trabajo.
- Descartar el material.

4. Control mediante registros de elementos

La persona a cargo del equipo de implementación de 5S acude a elaborar un documento con el fin de describir los resultados recibidos de la primera etapa. Además, fue necesaria la publicación de lo recopilado en el documento. Por ello, se realizó un registro con el fin

de dividir y clasificar el tipo de material como útil o inútil para el lugar de trabajo. A continuación, se mostrará los registros de materiales necesarios e innecesarios:

Figura 34

Registro de necesarios

Registro de necesarios					
Elaborado por					
Revisado por					
Lista N°		Fecha de elaboración		Versión	
N° Tarjeta	Ubicación	Descripción del artículo	Cantidad	Observaciones	
Anotaciones					
Firma elaborada por			Firma revisada por		
_____			_____		

Fuente: Elaboración propia

Figura 35

Registro de innecesarios

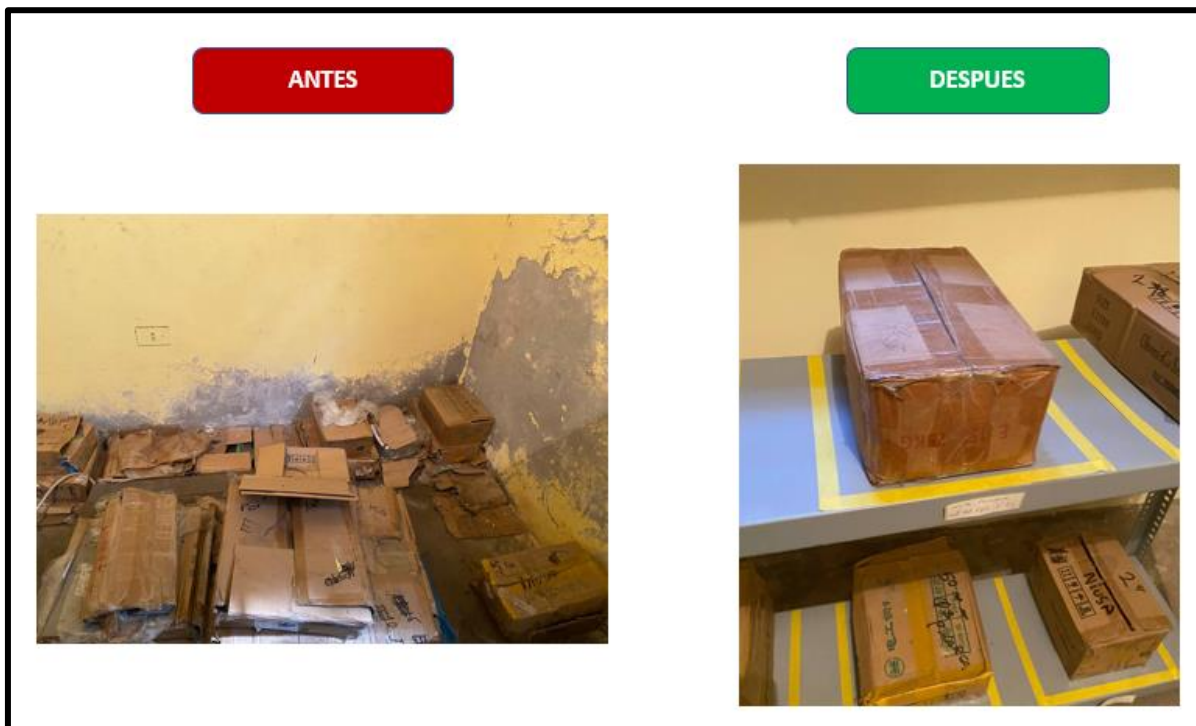
Registro de innecesarios					
Elaborado por					
Revisado por					
Lista N°		Fecha de elaboración		Versión	
N° Tarjeta	Ubicación	Descripción del artículo	Cantidad	Observaciones/Causa de la aparición	
Anotaciones					
Firma elaborada por			Firma revisada por		
_____			_____		

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra lo trabajado en el almacén 101 en relación a la primera fase de las 5s. De igual importancia, se mostrará el antes y después de la implementación.

Figura 36

Antes y después de la primera fase de las 5s



Fuente: Elaboración propia

Los materiales innecesarios que se encontraron dentro del almacén 101, fueron pedazos de madera vieja, balanzas inservibles, papel prespan roto, carretes de alambre de cobre viejos, entre otros materiales más.

Para mejorar el ambiente del almacén 101, se les dio mantenimiento a los estantes de metal, se pintó y selló las paredes para evitar la humedad, ya que se encontraba salitre en ellas (lo que afecta la vida útil de las láminas de hierro silicoso). Asimismo, se consideró que las cajas de las láminas debían tener una distancia, pues al estar juntas, podían atraer polvo, y con ello afectar la materia prima.

4.3.4.2.2 Etapa 2: Seiton – Ordenar

A. Objetivo: Arreglar y regularizar el lugar de trabajo eficazmente con el fin de reducir tiempos de trabajo a la hora de buscar documentos, materiales, equipos o herramientas para la fabricación de transformadores.

B. Desarrollo: Luego de realizar la separación de elementos en la primera fase, se procedió a ejecutar la fase Seiton, la cual implicó un ordenamiento de los elementos necesarios escogidos.

En el trabajo en estudio, se destacaron 3 áreas para la implementación de las 5s, que son: almacén 101 (láminas de hierro silicoso y bobinas de alambre de cobre), área de producción y el área de admisión. A continuación, se asignó un representante por cada lugar o espacio de trabajo en mención, cuyo encargado realizó el proceso propuesto de mejora:

Cuadro 7

Responsable del área identificada

Área establecida	Personal responsable
Almacén 101	Miguel Castillo, Pedro Sánchez
Área de producción	Pedro Sánchez, Carlos Nación
Admisión	Carlos Nación

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo trabajado, los representantes asignados al área correspondiente colocaron los materiales en su ubicación específica según la frecuencia de uso. En el caso del almacén 101, se colocaron las láminas y alambres de cobre en los estantes de metal según sus respectivas medidas, en este caso, se consideró como modelo el siguiente gráfico:

Figura 37

Diagrama de localización por constancia de uso

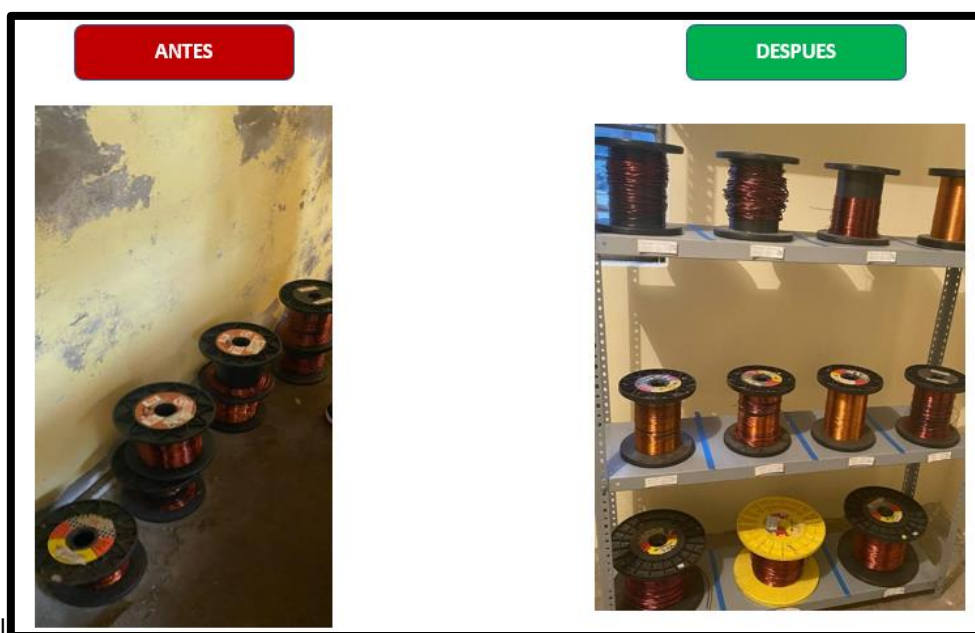


Nota. Luego de localizar los materiales necesarios, los ubicamos en el espacio de trabajo en relación a la frecuencia de uso. Tomado de (Rodríguez, 2004).

Por consiguiente, se procedió a ordenar y colocar los materiales conforme a la ubicación planificada. A continuación, se muestra el antes y después del orden establecido:

Figura 38

Antes y después de la implementación 5s fase: ordenar



Fuente: Elaboración propia

Por último, se colocó las láminas de hierro silicoso y las bobinas en las estanterías de metal con sus etiquetas de medidas, con la finalidad de reducir los desperdicios y a la vez facilitar el trabajo de los operarios.

Figura 39

Clasificación de alambres de cobre y láminas de hierro silicoso en el almacén 101



Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en la figura 39, se realizó la clasificación de materiales, tanto de las láminas como de los alambres de cobre con sus respectivas medidas. Se requirió el aporte y conocimiento de un especialista en señalizaciones para la ubicación de las señales de seguridad, y para las recomendaciones pertinentes para el guardado de los materiales.

4.3.4.2.3 Etapa 3: Seiso – Limpieza

A. Objetivo: Incentivar y motivar un comportamiento de limpieza en la empresa. Además, disponer y determinar una metodología que admita conservar la clasificación y el orden de los materiales.

B. Desarrollo: Conservar un espacio de trabajo en perfectas condiciones respecto a la limpieza e higiene, permitió ofrecer un aspecto de calidad; además de disminuir el riesgo de accidentes, y facilitar la toma de decisiones en acciones correctivas. Por ello, en esta etapa, se incluyó el desarrollo de un cronograma de limpieza en el que se identificaron las áreas a limpiar. Adicionalmente, se presentó un registro de las actividades de limpieza que se realizaron en los espacios de trabajo. A continuación, se visualiza el cronograma de las actividades de limpieza:

Cuadro 8

Cronograma de limpieza

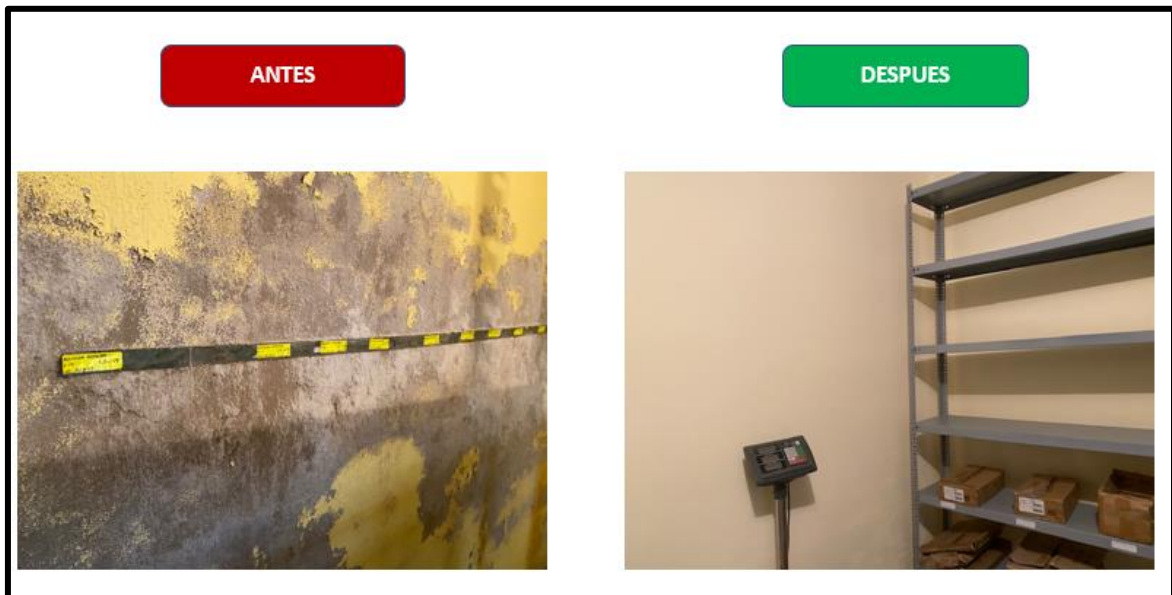
Cronograma de limpieza		
Actividad	Responsable	Frecuencia
Limpieza de las estanterías de metal	Auxiliar de almacén	Semanal
Limpieza de pisos	Auxiliar de limpieza	Diaria
Limpieza profunda de los bienes (muebles, cajoneras, etc.)	Auxiliar de limpieza	Semanal
Limpieza de las herramientas de trabajo	Auxiliar de limpieza	Diaria
Limpieza de las paredes del almacén 101 y el taller de producción	Auxiliar de limpieza	Semanal
Limpieza de ventanas de las áreas de trabajo	Auxiliar de limpieza	Mensual
Limpieza de las mesas del taller	Técnico electrónico	Diaria
Comprobación del cumplimiento del cronograma y manual de limpieza	Gerente General	Semanal

Fuente: Elaboración propia

Los trabajos de limpieza fueron ejecutados en relación al manual propuesto para los espacios de trabajo. Se detalla la guía de limpieza en el anexo 2. A continuación, se muestra el antes y el después del avance del almacén en relación a la tercera fase de las 5s:

Figura 40

Ejecución de limpieza en las paredes del almacén

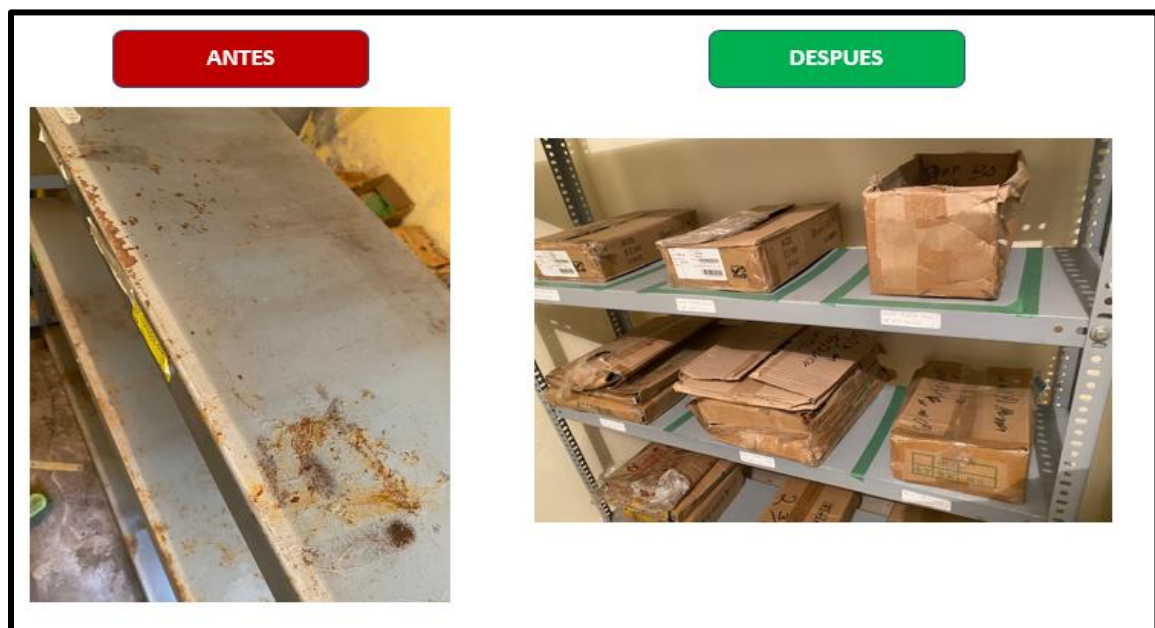


Fuente: Elaboración propia

Como observamos en la figura 40, se procedió a limpiar las paredes del almacén 101 para evitar que se expanda el salitre y este afecte a la materia prima.

Figura 41

Limpieza de estantes de metal



Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, con la ayuda del auxiliar de almacén y el albañil que contrató la empresa Niusa S.A.C., se procedió a realizar la limpieza y el mantenimiento necesario a los estantes.

4.3.4.2.4 Etapa 4: Seiketsu – Estandarizar

A. Objetivo: Mantener estabilizadas las tres primeras fases de las 5s mediante revisión y seguimiento de las actividades que se realizaron.

B. Desarrollo: Para el avance de la cuarta fase de 5S se propone:

1. Función de seguimiento y reconocimiento de las oportunidades de mejora

Se asignó a una persona para que realice la función de dar seguimiento e identificación de oportunidades de mejora. Esta persona realizó un análisis del resultado de las actividades de orden y limpieza. Los factores a considerar fueron: flujo continuo de actividades, llenado de fichas y/o registros establecidos, resultados obtenidos, entre otros. Como resultado de esta función, se presenta el siguiente formato de seguimiento:

Cuadro 9

Formato de seguimiento de las 5s

FORMATO DE SEGUIMIENTO				
ÁREA		FECHA		
REALIZADO POR		SUPERVISIÓN		
DESCRIPCIÓN	ESTADO			OBSERVACIONES
	CUMPLIDO	INCOMPLETO	POR MEJORAR	
OBSERVACIONES ETAPA 1: SELECCIÓN				
Clasificación de los materiales necesarios				
Clasificación de los materiales innecesario				
Clasificación de las herramientas necesarias				
Clasificación de las herramientas innecesarias				
Etiquetado de elementos innecesarios				
Asignación de elementos necesarios e innecesarios				
OBSERVACIONES ETAPA 2: ORDEN				
Identificación correcta de elementos del área				
Ubicación de elementos adecuada				
Corredor libre de materiales o herramientas que dificulten el desplazamiento				
Cantidad de materiales identificados e inventariada				
OBSERVACIONES ETAPA 3: LIMPIEZA				
Limpieza y desinfección de pisos				
Limpieza en bienes				
Limpieza de ventanas				
Limpieza de equipos y herramientas				
OBSERVACIONES ETAPA 4: ESTANDARIZACIÓN				
Cumplimiento de estándares de las tareas				
Cumplimiento del manual de limpieza				
OBSERVACIONES ETAPA 5: DISCIPLINA				
Cumplimiento de los planes de capacitación				
Cumplimiento de juntas de equipo				
Cumplimiento de participación activa				
Instrucciones: Señalar con un check en relación al estado que se encuentra:				

Fuente: Elaboración propia

2. Junta de Retroalimentación

Para esta propuesta, se realizaron juntas para que los equipos de trabajo tuviesen bien definidos los objetivos a alcanzar en relación a las 5s. Se mostró a todo el personal cuáles serían las actividades a realizar y el gran beneficio de su desarrollo. A la hora de realizar las juntas se expresaban inquietudes u opiniones de mejora que se pusieron en curso.

3. Trabajo de normalización y Gestión Visual

Se propuso este tipo de trabajo como soporte en esta etapa. El trabajo de normalización permitió a los trabajadores conocer sus responsabilidades, sus tareas y la forma de desarrollarlas. Fue de gran utilidad la herramienta Lean que es Visual Management, pues permitió entender las actividades establecidas y la forma de trabajarlas. Además, la gestión visual nos permitió reconocer las consecuencias y resultados de la implementación 5s. El resultado de esta etapa fue el desarrollo de una guía de procedimientos para el orden y limpieza del almacén 101.

4.3.4.2.5 Etapa 5: Shitsuke – Disciplina

A. Objetivo: Mantener por medio de un cambio de enfoque la implementación 5s. Tiene como finalidad lograr la costumbre de compromiso y respeto de los trabajadores y la alta dirección, con el mejoramiento de los procedimientos y controles precisados en las etapas anteriores.

B. Desarrollo: Lo primero que se debe establecer es la disciplina en la empresa, son imprescindibles las actividades de formación. Por tal motivo, se desarrolló un plan de capacitación, en el que se explique y argumente de manera interactiva los conceptos y herramientas precisas que conlleva a la implementación de la metodología 5s.

A continuación, se muestran las condiciones a cumplir con el fin de promover la implementación, en relación a los responsables:

En caso del gerente general:

- Crear un equipo de trabajo con el fin de capacitar a los colaboradores de la implementación 5s en la empresa.
- Conceder las herramientas necesarias para los accionamientos de las 5s.

- Demostrar el compromiso y motivación en las actividades de trabajo de la implementación 5s.
- Evaluar el avance de las 5s en la empresa.
- Ser un ejemplo a seguir en relación a la metodología, en otras palabras, mostrar el trabajo eficaz al aplicar 5s.

En caso de los colaboradores de la empresa:

- Cumplir con la guía de limpieza de los espacios de trabajo.
- Diseñar y cumplir con los estándares de mantenimiento del lugar de trabajo.
- Intervenir en el crecimiento de los objetivos de mejora continua.
- Intervenir de manera proactiva en todas las actividades relacionadas con las 5s.

Actividades ejecutadas antes de la implementación de las 5s

Se empezó con una programación de reuniones con el gerente general, cuya finalidad era explicar las condiciones del proyecto de mejora, para conseguir la aceptación y aprobación de la propuesta. Además, se realizaron capacitaciones dirigidas a los operarios del almacén y el área de producción en relación a LSS y las 5s, explicando las etapas a seguir y los beneficios que se obtienen al aplicar adecuadamente la metodología.

4.3.5 Controlar

La última fase, tuvo como finalidad, mantener las mejoras que se lograron en la implementación LSS, incluyendo las herramientas de calidad como graficas de control y los Check List realizados con el apoyo del gerente general. Asimismo, podremos observar mediante gráficos los cambios y beneficios al mantener las mejoras estables con la finalidad de que no vuelvan a ocurrir las causas que fueron mencionadas en la fase de analizar.

4.3.5.1 Gráficos de control P

Los gráficos de control P nos sirvieron de apoyo para comparar el antes y después en relación al control y mejoramiento de los procesos. Fue necesario este tipo de herramientas para evidenciar si las mejoras produjeron un cambio óptimo en la organización. Además, nos sirvieron para mantener controlado el comportamiento de las variables, en este caso, de la cantidad de defectos en las láminas de hierro silicoso.

Para la aplicación, se monitoreó el número de láminas de hierro silicoso defectuosos, en este caso, por cada día se ha estudiado 100 unidades de láminas de hierro silicoso. Esta muestra se realizó en el mes de enero durante 30 días de trabajo, donde se encontró un total de 1630 unidades defectuosas de láminas de hierro silicoso, lo que equivale a un total de S/. 4075.92. A continuación, el cálculo de los límites de la gráfica de control P:

Tabla 21*Datos recopilados antes de la implementación LSS para la elaboración del gráfico de control P*

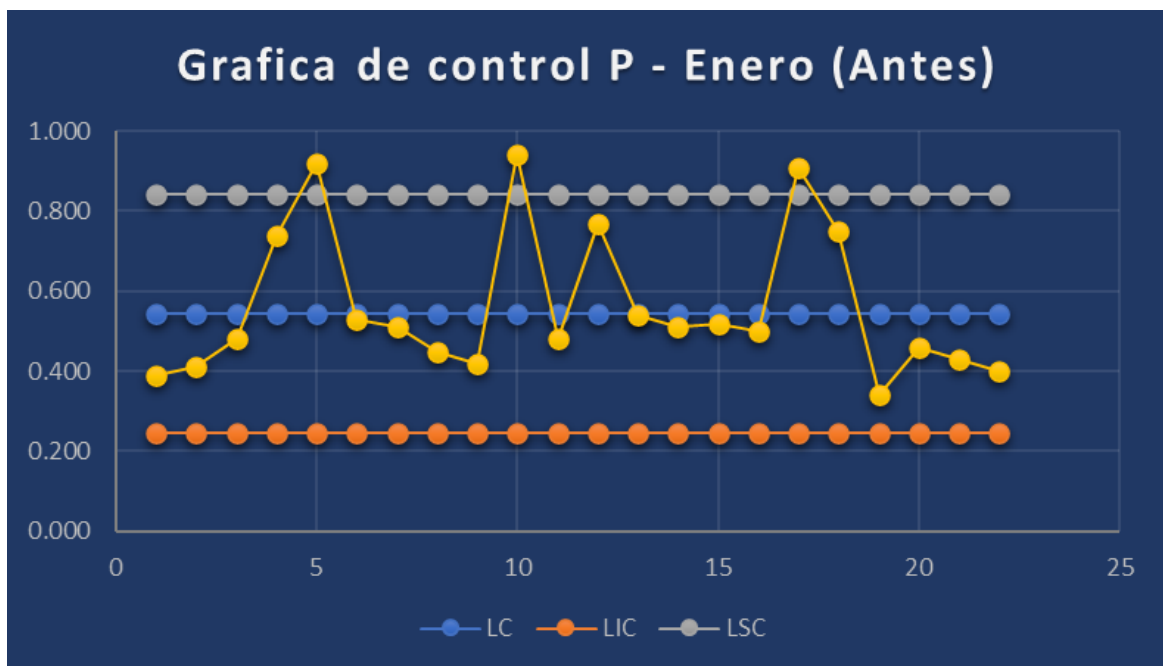
Número de Muestra	Cantidad de laminas	Laminas defectuosas	P	LIC	LC	LSC
1	100	39	0.390	0.244	0.543	0.842
2	100	41	0.410	0.244	0.543	0.842
3	100	48	0.480	0.244	0.543	0.842
4	100	74	0.740	0.244	0.543	0.842
5	100	92	0.920	0.244	0.543	0.842
6	100	53	0.530	0.244	0.543	0.842
7	100	51	0.510	0.244	0.543	0.842
8	100	45	0.450	0.244	0.543	0.842
9	100	42	0.420	0.244	0.543	0.842
10	100	94	0.940	0.244	0.543	0.842
11	100	48	0.480	0.244	0.543	0.842
12	100	77	0.770	0.244	0.543	0.842
13	100	54	0.540	0.244	0.543	0.842
14	100	51	0.510	0.244	0.543	0.842
15	100	52	0.520	0.244	0.543	0.842
16	100	50	0.500	0.244	0.543	0.842
17	100	91	0.910	0.244	0.543	0.842
18	100	75	0.750	0.244	0.543	0.842
19	100	34	0.340	0.244	0.543	0.842
20	100	46	0.460	0.244	0.543	0.842
21	100	43	0.430	0.244	0.543	0.842
22	100	40	0.400	0.244	0.543	0.842
23	100	43	0.430	0.244	0.543	0.842
24	100	34	0.340	0.244	0.543	0.842
25	100	81	0.810	0.244	0.543	0.842
26	100	42	0.420	0.244	0.543	0.842
27	100	48	0.480	0.244	0.543	0.842
28	100	46	0.460	0.244	0.543	0.842
29	100	47	0.470	0.244	0.543	0.842
30	100	49	0.490	0.244	0.543	0.842

Fuente: Elaboración propia

- LIC (límite de control inferior): 0.244
- LC (límite de control central): 0.543
- LSC (límite de control superior): 0.842

Figura 42

Gráfica de Control P antes de la implementación



Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la figura 42, las variaciones no estaban dentro de los límites de especificación en el primer estudio de la muestra antes de la implementación LSS, oscilaban en promedio de 0.543 y las variaciones llegaban a picos de 0.842. De igual manera, el comportamiento de la mayoría de variaciones estuvieron distorsionadas. Sin embargo, luego de realizar la implementación, pudimos observar cambios positivos, que se presentan en la siguiente gráfica de control:

Tabla 22

Datos recopilados después de la implementación LSS para la elaboración del gráfico de control P

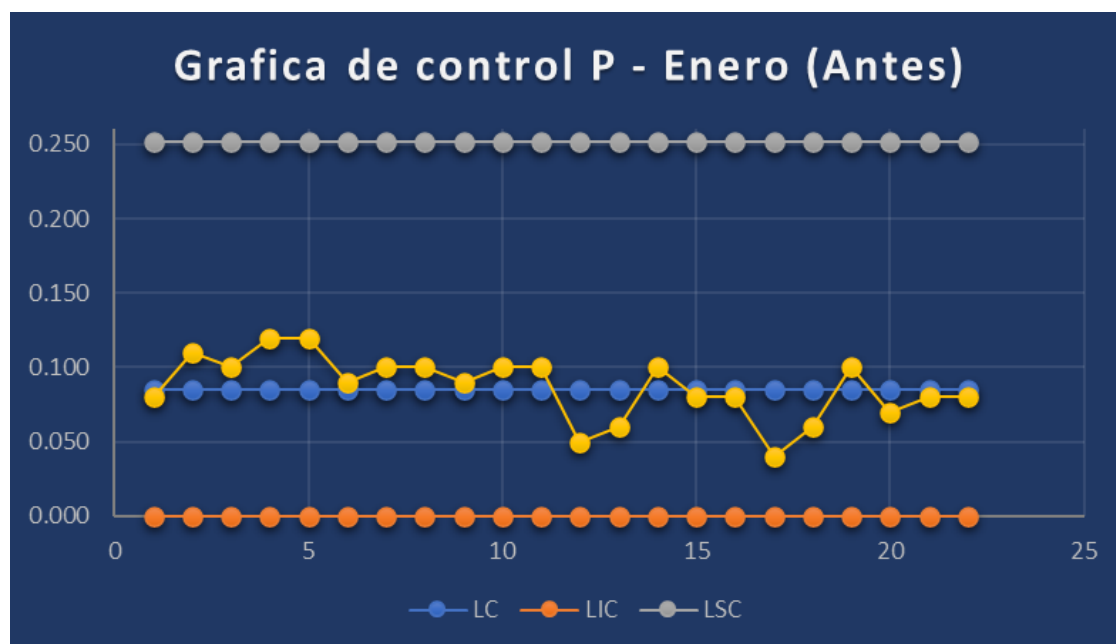
Número de Muestra	Cantidad de laminas	Laminas defectuosas	P	LIC	LC	LSC
1	100	8	0.080	0.000	0.085	0.252
2	100	11	0.110	0.000	0.085	0.252
3	100	10	0.100	0.000	0.085	0.252
4	100	12	0.120	0.000	0.085	0.252
5	100	12	0.120	0.000	0.085	0.252
6	100	9	0.090	0.000	0.085	0.252
7	100	10	0.100	0.000	0.085	0.252
8	100	10	0.100	0.000	0.085	0.252
9	100	9	0.090	0.000	0.085	0.252
10	100	10	0.100	0.000	0.085	0.252
11	100	10	0.100	0.000	0.085	0.252
12	100	5	0.050	0.000	0.085	0.252
13	100	6	0.060	0.000	0.085	0.252
14	100	10	0.100	0.000	0.085	0.252
15	100	8	0.080	0.000	0.085	0.252
16	100	8	0.080	0.000	0.085	0.252
17	100	4	0.040	0.000	0.085	0.252
18	100	6	0.060	0.000	0.085	0.252
19	100	10	0.100	0.000	0.085	0.252
20	100	7	0.070	0.000	0.085	0.252
21	100	8	0.080	0.000	0.085	0.252
22	100	8	0.080	0.000	0.085	0.252
23	100	10	0.100	0.000	0.085	0.252
24	100	10	0.100	0.000	0.085	0.252
25	100	5	0.050	0.000	0.085	0.252
26	100	8	0.080	0.000	0.085	0.252
27	100	10	0.100	0.000	0.085	0.252
28	100	8	0.080	0.000	0.085	0.252
29	100	8	0.080	0.000	0.085	0.252
30	100	4	0.040	0.000	0.085	0.252

Fuente: Elaboración propia

- LIC (límite de control inferior): 0
- LC (límite de control central): 0.085
- LSC (límite de control superior): 0.252

Figura 43

Gráfica de control después de la implementación LSS



Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar, al realizar las mejoras, los puntos están dentro de los límites de especificaciones. Esto significa que las variaciones están controladas. El límite superior de control de unidades defectuosas, era de 0.842 y bajó a 0.252, antes de la implementación oscilaban en promedio de 0.543 de defectuosos y después de la implementación el promedio de defectuosos se encuentra en 0.085, siendo un total de 254 láminas encontradas el cual equivale a un total de S/. 566.10 mensuales. Asimismo, el gerente y los operarios deben considerar que, las gráficas de control son herramientas de alta prioridad para la supervisión y control de calidad de la materia prima con el propósito de disminuir la cantidad de desperdicios generada por los factores mencionados en la fase analizar, mostradas en el diagrama causa-efecto.

Presupuesto de la implementación 5s:

Tabla 23

Presupuesto de la implementación 5s

Presupuesto de la implementación 5s			
Descripción	Costo (S/.)	Cantidad	Costo Total (S/.)
Lapiceros	S/0.50	8	S/4.00
Impresión de documentos	S/0.10	30	S/3.00
Hojas Bond (paquete)	S/8.90	1	S/8.90
Etiquetas (paquete)	S/2.00	1	S/2.00
Cinta masking tape	S/1.50	2	S/3.00
Útiles de limpieza	S/9.90	5	S/49.50
Impresión de tarjetas	S/1.00	20	S/20.00
Mano de obra (albañil)	S/300.00	1	S/300.00
Lija 80-120	S/2.50	10	S/25.00
Temple	S/25.00	1	S/25.00
Yeso ceramico	S/3.00	2	S/6.00
Galon de interlatex blanco	S/28.00	1	S/28.00
Galon de esmalte gris claro	S/32.00	1	S/32.00
Galon de tiner	S/16.00	1	S/16.00
Sellador	S/25.00	1	S/25.00
SubTotal			S/547.40



























Fuente: Elaboración propia

4.4 Recursos humanos y equipamiento

4.4.1 Asignación de funciones para la implementación

Para el trabajo de campo, se gestionó los siguientes roles para la ejecución de las tareas en relación a la metodología Lean Six Sigma. Para la implementación, se asignó al auxiliar de almacén y al técnico electrónico para el apoyo de la misma. A continuación, visualizaremos las funciones en el siguiente cuadro:

Figura 44*Gestión de roles del equipo Lean Six Sigma*

Gestión de roles del equipo Lean Six Sigma			
Función de las tareas LSS	Lider del proyecto	Auxiliar de almacén	Técnico electrónico
Etapas de la implementación			
Descripción de la idea del proyecto			
Recolección de la información necesaria			
Etapas de desarrollo			
Recolección de información respecto al aumento de costos de producción			
Capacitación Lean Six Sigma (DMAIC)			
Identificación de la muestra (transformadores)			
Ejecución Visual Management			
Encuestas y entrevista			
Recopilación de información de señalizaciones			
Colocar Visual boards en las zonas de trabajo			
Ejecución 5s			
Retirar la mercancía del almacén para la ejecución de la limpieza			
Mantenimiento de los estantes			
Limpieza del piso del almacén			
Limpieza de las paredes y techo del almacén			
Reorganizar los estantes y equipos del almacén			
Trasladar y ordenar la mercancía al almacén cuando ya esté limpio y organizado			
Retroalimentación de las normas del uso de mercancías			
Capacitación de control y uso de mercancías			
Asignación de recursos a los colaboradores			

Fuente: Elaboración propia

Cabe recordar que también se contrató a un albañil (personal externo a la empresa) para la reparación de las paredes y el mantenimiento de los estantes. Por otro lado, para la ejecución de tareas en relación a las 5s, se necesitó apoyo del auxiliar del almacén y el técnico electrónico para la reorganización del área de almacén, separando los materiales

necesarios de los innecesarios y en el traslado de mercancías con el fin de reducir los desperdicios y mantener las áreas limpias. Luego de haber reorganizado el almacén, se procedió a dar una retroalimentación a los colaboradores en referencia al buen manejo de metales y materia prima, el uso de equipos de protección personal, entre otras más. Con el fin de evitar los desperdicios, en especial de las láminas de hierro silicoso.

4.4.2 Equipamiento para la implementación

Los equipamientos que se usaron para el trabajo de campo fueron:

- Laptop HP Core I5, 8va Gen
- iPhone 11 de 64 gb
- 2 estantes de metal
- 1 wincha Stanley Global Plus
- Calculadora científica standard Casio
- Cooler para laptop

Es importante mencionar que, el uso de estantes es de gran prioridad, considerando que se debe almacenar los metales en estantes de metal y no en el piso debido a que el salitre puede oxidar a dicho material.

Cabe resaltar que el uso de un celular de gama alta como el iPhone 11, facilitó la toma de pruebas, el uso de aplicaciones como Excel, Word (entre otras), y agilizó el flujo de información para la investigación. Asimismo, permitió demostrar el antes y después de la implementación Lean Six Sigma, mediante la toma de imágenes nítidas.

4.5 Análisis económico - financiero

En el siguiente cuadro, se muestra los materiales necesarios para las mejoras implementadas de las 5s y Visual Management. Asimismo, se presenta los precios que tiene cada material y la cantidad requerida que asciende a un total de S/ 1,247.20 para la implementación de mejora.

Tabla 24

Costo de implementación 5s y VM

Presupuesto de la implementación 5s			
Descripción	Costo (S/.)	Cantidad	Costo Total (S/.)
Lapiceros	S/0.50	8	S/4.00
Impresión de documentos	S/0.10	30	S/3.00
Hojas Bond (paquete)	S/8.90	1	S/8.90
Etiquetas (paquete)	S/2.00	1	S/2.00
Cinta masking tape	S/1.50	2	S/3.00
Útiles de limpieza	S/9.90	5	S/49.50
Impresión de tarjetas	S/1.00	20	S/20.00
Mano de obra (albañil)	S/300.00	1	S/300.00
Lija 80-120	S/2.50	10	S/25.00
Temple	S/25.00	1	S/25.00
Yeso ceramico	S/3.00	2	S/6.00
Galon de interlatex blanco	S/28.00	1	S/28.00
Galon de esmalte gris claro	S/32.00	1	S/32.00
Galon de tiner	S/16.00	1	S/16.00
Estantes	S/199.90	2	S/399.80
Recolecto de basura	S/89.90	3	S/269.70
Sellador	S/25.00	1	S/25.00
SubTotal			S/1,216.90
Visual Management			
Impresiones de datos a mostrar (VM)	S/0.50	30	S/15.00
Limpiatipo	S/1.90	1	S/1.90
Cinta masking tape a color	S/1.90	2	S/3.80
Cartón corrugado blanco	S/1.60	6	S/9.60
SubTotal			S/30.30
Total			S/1,247.20

Fuente: Elaboración propia

De igual importancia, la empresa debe considerar un gasto de cada tres meses de S/. 329.90 para mantener ordenado y limpio los espacios de trabajo y los estantes del almacén 101, con la finalidad de mantener bajo control las acciones de mejora.

4.5.1 Evaluación económica de la implementación

Para evaluar a una empresa económicamente, tenemos que identificar primero los costos fijos y variables. Los costos fijos son aquellos que no varían en el tiempo, estos están directamente relacionado con los costos administrativos. En cambio, los costos variables varían dependiendo de la cantidad instalada, estos están directamente relacionado con la cantidad y volumen de unidades producidos, entre mayor la cantidad de unidades producidas, mayor es el costo de producción. A continuación, analizaremos los costos fijos y variables:

Tabla 25

Gastos de personal Niusa S.A.C.

GASTOS DE PERSONAL	
PERSONAL ADMINISTRATIVO	S/ 7,400.00
Administrador	S/ 4,400.00
Oficinista 1	S/ 1,500.00
Oficinista 2	S/ 1,500.00
PERSONAL DE PRODUCCIÓN	S/ 9,600.00
Jefe de Producción	S/ 3,000.00
Operario 1	S/ 1,400.00
Operario 2	S/ 1,200.00
Operario 3	S/ 1,000.00
Operario 4	S/ 1,000.00
Operario 5	S/ 1,000.00
Operario 6	S/ 1,000.00
TOTAL PERSONAL	S/ 17,000.00

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, para definir el flujo de caja actual, se ha establecido las premisas respecto a costo de materia prima, sueldos, servicios generales, entre otros más. Siendo un total de S/. 599,253 .00 en egresos anuales.

Tabla 26

Descripción de los costos anuales para el desarrollo del flujo de caja

Descripción	Anual
Costo de materia prima	S/ 380,426.40
Sueldos	S/ 204,000.00
Material de oficina	S/ 1,400.00
Material de limpieza	S/ 800.00
Servicios generales	S/ 4,800.00
Trib. y aport sist. Pens. y salud p. pagar	S/ 5,859.00
Mantenimiento	S/ 800.00
Otros gastos administrativos	S/ 1,167.60
Total	S/ 599,253.00

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el flujo de caja proyectada actual y después de implementar la metodología Lean Six Sigma.

Tabla 27

Flujo de caja proyectada actual sin la implementación LSS

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	% SOBRE LOS
Cantidad de transformadores vendidos	160	155	160	135	130	125	150	120	165	160	160	180	1800	INGRESOS
Ingresos	S/ 54,400.00	S/ 52,700.00	S/ 54,400.00	S/ 45,900.00	S/ 44,200.00	S/ 42,500.00	S/ 51,000.00	S/ 40,800.00	S/ 56,100.00	S/ 54,400.00	S/ 54,400.00	S/ 61,200.00	S/ 612,000.00	100%
Ventas netas	S/ 54,400.00	S/ 52,700.00	S/ 54,400.00	S/ 45,900.00	S/ 44,200.00	S/ 42,500.00	S/ 51,000.00	S/ 40,800.00	S/ 56,100.00	S/ 54,400.00	S/ 54,400.00	S/ 61,200.00	S/ 612,000.00	
Egresos														
Costos fijos	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 102,826.60	16.80%
Sueldos personal administrativo	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 88,800.00	
Trib. y aport sist. Pens. y salud p. pagar	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 5,859.00	
Servicios generales	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 4,800.00	
Material de oficina	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 1,400.00	
Material de limpieza	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 800.00	
Otros gastos administrativos	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 1,167.60	
Costos variables	S/ 43,610.30	S/ 41,740.30	S/ 43,410.30	S/ 37,764.40	S/ 37,713.60	S/ 36,355.50	S/ 41,302.20	S/ 35,067.90	S/ 44,341.10	S/ 43,410.30	S/ 43,410.30	S/ 48,300.20	S/ 496,426.40	81.12%
Sueldos personal de producción	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 115,200.00	
Mantenimiento	S/ 200.00				S/ 200.00				S/ 200.00			S/ 200.00	S/ 800.00	
Materia prima	S/ 33,810.30	S/ 32,140.30	S/ 33,810.30	S/ 28,164.40	S/ 27,913.60	S/ 26,755.50	S/ 31,702.20	S/ 25,467.90	S/ 34,541.10	S/ 33,810.30	S/ 33,810.30	S/ 38,500.20	S/ 380,426.40	
Total egresos	S/ 52,179.18	S/ 50,309.18	S/ 51,979.18	S/ 46,333.28	S/ 46,282.48	S/ 44,924.38	S/ 49,871.08	S/ 43,636.78	S/ 52,909.98	S/ 51,979.18	S/ 51,979.18	S/ 56,869.08	S/ 599,253.00	
Flujo de caja	S/ 2,220.82	S/ 2,390.82	S/ 2,420.82	S/ 433.28	S/ 2,082.48	S/ 2,424.38	S/ 1,128.92	S/ 2,836.78	S/ 3,190.02	S/ 2,420.82	S/ 2,420.82	S/ 4,330.92	S/ 12,747.00	2.1%
Flujo de caja acumulado	S/ 2,220.82	S/ 4,611.63	S/ 7,032.45	S/ 6,599.17	S/ 4,516.68	S/ 2,092.30	S/ 3,221.22	S/ 384.43	S/ 3,574.45	S/ 5,995.27	S/ 8,416.08	S/ 12,747.00		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28

Flujo de caja proyectada con la implementación LSS

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	% SOBRE LOS
Cantidad de transformadores vendidos	160	155	160	135	130	125	150	120	165	160	160	180	1800	INGRESOS
Ingresos	S/ 54,400.00	S/ 52,700.00	S/ 54,400.00	S/ 45,900.00	S/ 44,200.00	S/ 42,500.00	S/ 51,000.00	S/ 40,800.00	S/ 56,100.00	S/ 54,400.00	S/ 54,400.00	S/ 61,200.00	S/ 612,000.00	100%
Ventas netas	S/ 54,400.00	S/ 52,700.00	S/ 54,400.00	S/ 45,900.00	S/ 44,200.00	S/ 42,500.00	S/ 51,000.00	S/ 40,800.00	S/ 56,100.00	S/ 54,400.00	S/ 54,400.00	S/ 61,200.00	S/ 612,000.00	
Egresos														
Costos fijos	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 8,568.88	S/ 102,826.60	16.80%
Sueldos personal administrativo	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 7,400.00	S/ 88,800.00	
Trib. y aport sist. Pens. y salud p. pagar	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 488.25	S/ 5,859.00	
Servicios generales	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 400.00	S/ 4,800.00	
Material de oficina	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 116.67	S/ 1,400.00	
Material de limpieza	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 66.67	S/ 800.00	
Otros gastos administrativos	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 97.30	S/ 1,167.60	
Costos variables	S/ 39,056.70	S/ 36,120.77	S/ 37,609.50	S/ 33,199.87	S/ 33,000.45	S/ 31,823.62	S/ 36,193.85	S/ 30,717.30	S/ 38,359.02	S/ 37,939.40	S/ 37,609.50	S/ 41,774.30	S/ 433,404.26	70.82%
Sueldos personal de producción	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 9,600.00	S/ 115,200.00	
Mantenimiento	S/ 200.00				S/ 200.00				S/ 200.00			S/ 200.00	S/ 800.00	
Mantenimiento y mejoras LSS	S/ 1,247.20			S/ 329.90			S/ 329.90			S/ 329.90			S/ 2,236.90	
Materia prima	S/ 33,810.30	S/ 32,140.30	S/ 33,810.30	S/ 28,164.40	S/ 27,913.60	S/ 26,755.50	S/ 31,702.20	S/ 25,467.90	S/ 34,541.10	S/ 33,810.30	S/ 33,810.30	S/ 38,500.20	S/ 380,426.40	
Reducción de costos por LSS	-S/ 5,800.80	-S/ 5,619.53	-S/ 5,800.80	-S/ 4,894.43	-S/ 4,713.15	-S/ 4,531.88	-S/ 5,438.25	-S/ 4,350.60	-S/ 5,982.08	-S/ 5,800.80	-S/ 5,800.80	-S/ 6,525.90	-S/ 65,259.04	
Total egresos	S/ 47,625.58	S/ 44,689.65	S/ 46,178.38	S/ 41,768.76	S/ 41,569.33	S/ 40,392.51	S/ 44,762.73	S/ 39,286.18	S/ 46,927.90	S/ 46,508.28	S/ 46,178.38	S/ 50,343.18	S/ 536,230.86	
Flujo de caja	S/ 6,774.42	S/ 8,010.35	S/ 8,221.62	S/ 4,131.24	S/ 2,630.67	S/ 2,107.49	S/ 6,237.27	S/ 1,513.82	S/ 9,172.10	S/ 7,891.72	S/ 8,221.62	S/ 10,856.82	S/ 75,769.14	12.38%
Flujo de caja acumulado	S/ 6,774.42	S/ 14,784.77	S/ 23,006.39	S/ 27,137.63	S/ 29,768.30	S/ 31,875.79	S/ 38,113.06	S/ 39,626.88	S/ 48,798.98	S/ 56,690.70	S/ 64,912.32	S/ 75,769.14		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29

Análisis económico comparativo de la situación actual vs situación con implementación de LSS

ANÁLISIS ECONÓMICO COMPARATIVO				
	Situación actual		Situación con LSS	
	TOTAL	% SOBRE LOS INGRESOS	TOTAL	% SOBRE LOS INGRESOS
Ingresos	S/ 612,000.00	100.00%	S/ 612,000.00	100.00%
Ventas netas	S/ 612,000.00		S/ 612,000.00	
Egresos				
Costos fijos	S/ 102,826.60	16.80%	S/ 102,826.60	16.80%
Sueldos personal administrativo	S/ 88,800.00		S/ 88,800.00	
Trib. y aport sist. Pens. y salud p. pagar	S/ 5,859.00		S/ 5,859.00	
Servicios generales	S/ 4,800.00		S/ 4,800.00	
Material de oficina	S/ 1,400.00		S/ 1,400.00	
Material de limpieza	S/ 800.00		S/ 800.00	
Otros gastos administrativos	S/ 1,167.60		S/ 1,167.60	
Costos variables	S/ 496,426.40	81.12%	S/ 433,404.26	70.82%
Sueldos personal de producción	S/ 115,200.00		S/ 115,200.00	
Mantenimiento	S/ 800.00		S/ 800.00	
Mantenimiento y mejoras LSS	-		S/ 2,236.90	
Materia prima	S/ 380,426.40		S/ 380,426.40	
Reducción de costos por LSS			-S/ 65,259.04	
Total egresos	S/ 599,253.00		S/ 536,230.86	
Flujo de caja	S/ 12,747.00	2.08%	S/ 75,769.14	12.38%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30*Flujo de caja proyectada anual al implementar LSS*

AÑO	1	2	3	4	5
Ingresos					
Ventas de Unidades	1,800	1,890	1,985	2,084	2,188
Ventas netas	S/ 612,000.00	S/ 642,600.00	S/ 674,730.00	S/ 708,466.50	S/ 743,889.83
Egresos					
Costos fijos	S/ 102,826.60	S/ 102,826.60	S/ 102,826.60	S/ 102,826.60	S/ 102,826.60
Sueldo personal administrativo	S/ 88,800.00	S/ 88,800.00	S/ 88,800.00	S/ 88,800.00	S/ 88,800.00
Trib. y aport sist. Pens. y salud p. pagar	S/ 5,859.00	S/ 5,859.00	S/ 5,859.00	S/ 5,859.00	S/ 5,859.00
Servicios generales	S/ 4,800.00	S/ 4,800.00	S/ 4,800.00	S/ 4,800.00	S/ 4,800.00
Material de oficina	S/ 1,400.00	S/ 1,400.00	S/ 1,400.00	S/ 1,400.00	S/ 1,400.00
Material de limpieza	S/ 800.00	S/ 800.00	S/ 800.00	S/ 800.00	S/ 800.00
Otros gastos administrativos	S/ 1,167.60	S/ 1,167.60	S/ 1,167.60	S/ 1,167.60	S/ 1,167.60
Costos variables	S/ 433,404.26	S/ 455,074.47	S/ 477,828.20	S/ 501,719.61	S/ 526,805.59
Mantenimiento	S/ 800.00	S/ 840.00	S/ 882.00	S/ 926.10	S/ 972.41
Sueldo personal de producción	S/ 115,200.00	S/ 120,960.00	S/ 127,008.00	S/ 133,358.40	S/ 140,026.32
Materia prima	S/ 380,426.40	S/ 399,447.72	S/ 419,420.11	S/ 440,391.11	S/ 462,410.67
Mantenimiento y mejoras LSS	S/ 2,236.90	S/ 2,348.75	S/ 2,466.18	S/ 2,589.49	S/ 2,718.97
Reducción de costos LSS	-S/ 65,259.04	-S/ 68,521.99	-S/ 71,948.09	-S/ 75,545.50	-S/ 79,322.77
Total egresos	S/ 536,230.86	S/ 557,901.07	S/ 580,654.80	S/ 604,546.21	S/ 629,632.19
Flujo de caja	S/ 75,769.14	S/ 84,698.93	S/ 94,075.20	S/ 103,920.29	S/ 114,257.64

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que, en la tabla 27, desde el mes de septiembre hasta el mes de enero, existe una estacionalidad de mayor demanda del producto. Entre más unidades producidas, más cantidad de materia prima se requiere para la fabricación de transformadores. Además, se debe entender que, el 16.80% de costos corresponde a costos fijos y el 81.12% corresponde a costos variables, dando como resultado un saldo disponible de utilidades de 2.1%. Asimismo, en la tabla 28, podemos ver que, la diferencia entre los costos variables ha reducido de 81.12% a 70.82% al implementar la metodología LSS. Asimismo, se debe realizar un gasto de S/. 329.90 para el mantenimiento y limpieza de las paredes, estantes de metal y de los espacios de trabajo. Este gasto debe realizarse cada tres meses con la finalidad de mantener las mejoras controladas en el almacén 101 de lamias de hierro silicoso y alambres de cobre.

El objetivo del análisis comparativo (tabla 29), es entender las conclusiones de cómo nos va con la situación actual y como nos iría con la situación al implementar LSS. Asimismo, podemos observar que, los costos fijos no cambiaron al emplear LSS, sin embargo, los costos variables han reducido de 81.12% a 70.82% gracias a la aplicación de las mejoras planificadas. Podríamos decir que, se reduciría los costos variables de S/. 496,426.40 a S/. 433,404.26 el que equivale a S/. 63,022.14 en la reducción de costos. De igual importancia, hay un incremento en el flujo de caja en las utilidades, podemos apreciar que, el porcentaje de utilidades en relación con el flujo de caja actual es de 2.08% y con la implementación LSS se incrementa las utilidades en 12.38%, teniendo una ganancia de 10.30%. En conclusión, estas mejoras de gestión reducen los costos variables de fabricación en 10.30%. y los saldos de caja se incrementan de S/.12,747.00 a S/.75,769.14 soles. Además, podemos apreciar en la figura 30 respecto al flujo de caja anual al implementar LSS, se ha considerado una tasa anual de crecimiento de acuerdo con el mercado de 5%. Asimismo, los costos variables aumentan con relación a la cantidad de unidades producidas.

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Análisis descriptivo de la información relativa a las variables de estudio

La metodología Lean Six Sigma como variable independiente, afectó directamente a la variable dependiente. Los gastos generados por desperdicios en los almacenes de materia prima para el proceso de fabricación de transformadores, ascendían, antes de la implementación de la metodología LSS, a un total de S/. 7,138.21 al mes, lo que equivalía a S/. 85,658.48 al año. Después de la implementación de la metodología, y gracias a las herramientas empleadas, los costos se redujeron a un total de S/. 1,699.95 mensuales, con el equivalente anual de S/. 20,399.44.

Esto implica una diferencia de S/. 5,438.25 mensuales en la reducción de costos al mes y un total de S/. 65,259.05 al año. En conclusión, se llegó a reducir el 76.19% en gastos de materias primas defectuosas.

Tabla 31

Gastos en materias primas defectuosas antes y después de la implementación Lean Six Sigma

Gastos en materias primas defectuosas antes de la implementación Lean Six Sigma								
Descripción	U.M	Materia prima	Cantidad	Desperdicios	% no conformidades	Precio unitario	Costos mensuales	Costos anuales
Rebobinado	kg	Alambre de cobre	300	43	14%	S/ 46.51	S/ 1,999.89	S/ 23,998.64
Laminado	kg	Lamina de hierro silicoso	600	324	54%	S/ 12.58	S/ 4,075.92	S/ 48,911.04
Barnizado	Galón	Barniz dieléctrico	10	2	20%	S/ 99.90	S/ 199.80	S/ 2,397.60
Ensamblado	unid	Gabinete metálico de transformador	160	15	9%	S/ 55.00	S/ 825.00	S/ 9,900.00
Prueba de rutina	unid	Cable de poder	50	4	8%	S/ 4.90	S/ 19.60	S/ 235.20
Embalaje	unid	Cajas de carton	35	4	11%	S/ 4.50	S/ 18.00	S/ 216.00
Total							S/ 7,138.21	S/ 85,658.48
Gastos en materias primas defectuosas después de la implementación Lean Six Sigma								
Descripción	U.M	Materia prima	Cantidad	Desperdicios	% no conformidades	Precio unitario	Costos mensuales	Costos anuales
Rebobinado	kg	Alambre de cobre	300	17	6%	S/ 46.51	S/ 790.65	S/ 9,487.84
Laminado	kg	Lamina de hierro silicoso	600	45	8%	S/ 12.58	S/ 566.10	S/ 6,793.20
Barnizado	Galón	Barniz dieléctrico	10	1	10%	S/ 99.90	S/ 99.90	S/ 1,198.80
Ensamblado	unid	Gabinete metálico de transformador	160	4	3%	S/ 55.00	S/ 220.00	S/ 2,640.00
Prueba de rutina	unid	Cable de poder	50	2	4%	S/ 4.90	S/ 9.80	S/ 117.60
Embalaje	unid	Cajas de carton	35	3	9%	S/ 4.50	S/ 13.50	S/ 162.00
Total							S/ 1,699.95	S/ 20,399.44
Total reducción de costos:							S/ 5,438.25	S/ 65,259.05

Fuente: Elaboración propia

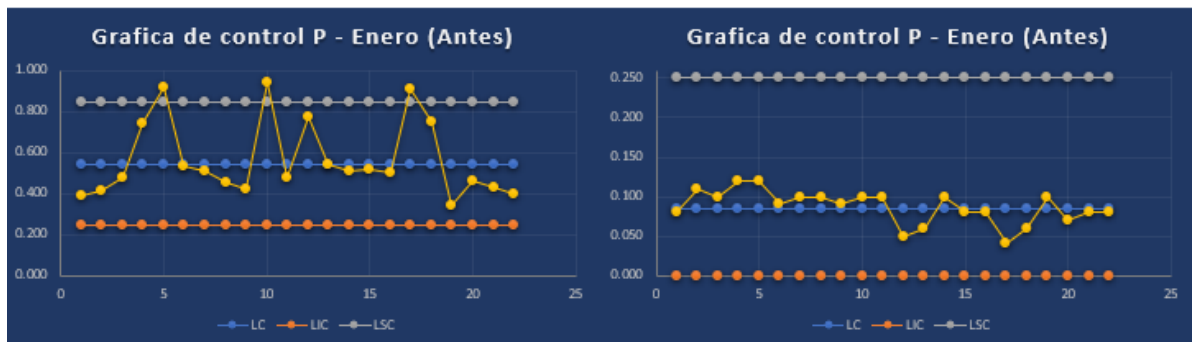
Cabe recalcar que, las materias primas seleccionadas para la reducción de costos son los que han impactado más en la rentabilidad de la empresa. Existen algunos materiales que son consumibles, asimismo, no se puede costear los defectos de un consumible como los cables gpt, pernos, cintas, entre otros, ya que estos no impactan en la rentabilidad.

En relación a las variaciones observadas sobre la cantidad de defectuosos, un 324 kg en láminas de fierro silicoso, descendió a 45 kg, o sea, se logró reducir al 8% de no conformidades del proceso de laminado gracias a la implementación LSS, siendo el porcentaje anterior de 54% de no conformidades; lográndose así un cambio beneficioso para la empresa. Del mismo modo, se logró reducir también costos en el proceso de rebobinado, ya que, las herramientas utilizadas para la mejora se enfocaron en el almacén de estas dos materias primas que es el almacén 101.

Es indispensable que el personal continúe con las actividades de control de inventario mediante uso de hojas de Excel y herramientas de calidad como diagrama de Pareto, Ishikawa y los Check List respectivos para mantener las entradas y salidas de las mercancías controladas, ya que ellos recién están empleando este tipo de estrategia para la empresa. Cabe resaltar que en el transcurso de los meses se podrá validar que los desperdicios descenderán debido a la gestión y control que se propuso. A continuación, se muestran los cambios óptimos que se pudieron visualizar al emplear la metodología:

Figura 45

Gráfica de control P antes y después de las acciones de mejora

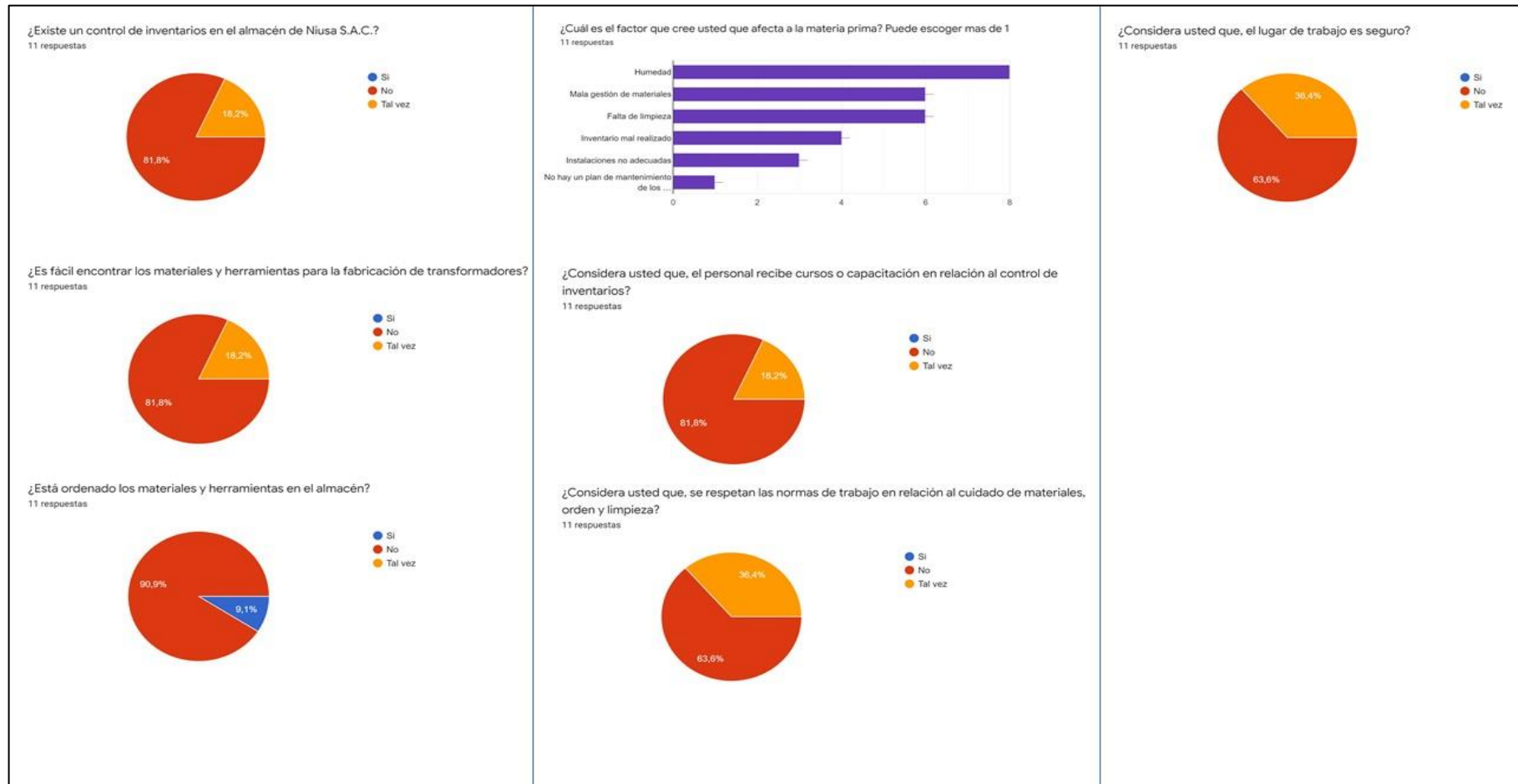


Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en las figuras 46 y 47, la encuesta aplicada al personal de trabajo, mostró que luego de implementar la metodología, se sienten seguros de trabajar en el almacén; en este caso, en el almacén 101 de láminas de hierro silicoso y alambres de cobre, siendo más adecuado para ellos gracias a la reorganización, control y limpieza del mismo, que derivó en su optimización. Asimismo, tienen la seguridad de encontrar la materia prima en su lugar.

Figura 46

Resultados de la encuesta antes de la implementación Lean Six Sigma



Fuente: Elaboración propia

Figura 47

Resultados de la encuesta después de la implementación Lean Six Sigma



Fuente: Elaboración propia

Tabla 32

Check List 5s antes y después de las acciones de mejora

CHECK LIST DE EVALUACIÓN 5S (ANTES)							
Nº	Nota: 0 = Muy malo, 1 = malo, 2 = moderado, 3 = bueno, 4 = perfecto	Puntaje					Calificación
		0	1	2	3	4	
1	Existen material o equipos innecesarios			X			2
2	Hay guías o reglas para separar los materiales, herramientas o equipos innecesarios		X				1
3	Los materiales están en su lugar asignado.		X				1
4	Tiempo de entrega de material			X			2
SUBTOTAL							6
Ordenar		0	1	2	3	4	Calificación
5	Se encuentra el espacio correspondiente a pasillos		X				1
6	Los botes de basura están en el lugar designado para estos.			X			2
7	Se encuentran señalizados o identificados el nombre de las cosas		X				1
8	Existe algún tipo de costumbre o cultura para devolver las cosas en su lugar de orden		X				1
SUBTOTAL							5
Limpiar		0	1	2	3	4	Calificación
9	El escritorio se encuentra limpio.			X			2
10	El piso está libre de polvo, basura, componentes y manchas.			X			2
11	Las paredes y muros están limpios.	X					0
12	Los planes de limpieza se realizan en la fecha establecida.		X				1
SUBTOTAL							5
Estandarizar		0	1	2	3	4	Calificación
13	¿Se respetan constantemente las normas y procedimientos?		X				1
14	¿Están asignadas las responsabilidades de limpieza?		X				1
15	¿Los trabajadores disponen de toda la información necesaria como normas, procedimientos para la elaboración de productos en sus puestos de trabajo?			X			2
16	¿Se encuentran los almacenes limpios y en ordenados?	X					0
SUBTOTAL							4
Disciplinar		0	1	2	3	4	Calificación
17	Los trabajadores respetan los procedimientos de seguridad		X				1
18	Es observada la limpieza y el orden en la empresa		X				1
19	La basura y los desperdicios están bien ubicados y ordenados		X				1
20	Los trabajadores se encuentran capacitados para el manejo de materiales		X				1
SUBTOTAL							4

CHECK LIST DE EVALUACIÓN 5S (DESPUÉS)							
Nº	Nota: 0 = Muy malo, 1 = malo, 2 = moderado, 3 = bueno, 4 = perfecto	Puntaje					Calificación
		0	1	2	3	4	
1	Existen material o equipos innecesarios			X			2
2	Hay guías o reglas para separar los materiales, herramientas o equipos innecesarios				X		3
3	Los materiales están en su lugar asignado.				X		3
4	Tiempo de entrega de material				X		3
SUBTOTAL							11
Ordenar		0	1	2	3	4	Calificación
5	Se encuentra el espacio correspondiente a pasillos					X	4
6	Los botes de basura están en el lugar designado para estos.			X			2
7	Se encuentran señalizados o identificados el nombre de las cosas					X	3
8	Existe algún tipo de costumbre o cultura para devolver las cosas en su lugar de orden					X	3
SUBTOTAL							12
Limpiar		0	1	2	3	4	Calificación
9	El escritorio se encuentra limpio.			X			2
10	El piso está libre de polvo, basura, componentes y manchas.					X	4
11	Las paredes y muros están limpios.					X	4
12	Los planes de limpieza se realizan en la fecha establecida.			X			2
SUBTOTAL							12
Estandarizar		0	1	2	3	4	Calificación
13	¿Se respetan constantemente las normas y procedimientos?			X			2
14	¿Están asignadas las responsabilidades de limpieza?			X			2
15	¿Los trabajadores disponen de toda la información necesaria como normas, procedimientos para la elaboración de productos en sus puestos de trabajo?				X		3
16	¿Se encuentran los almacenes limpios y en ordenados?				X		3
SUBTOTAL							10
Disciplinar		0	1	2	3	4	Calificación
17	Los trabajadores respetan los procedimientos de seguridad			X			2
18	Es observada la limpieza y el orden en la empresa				X		3
19	La basura y los desperdicios están bien ubicados y ordenados				X		3
20	Los trabajadores se encuentran capacitados para el manejo de materiales				X		3
SUBTOTAL							11

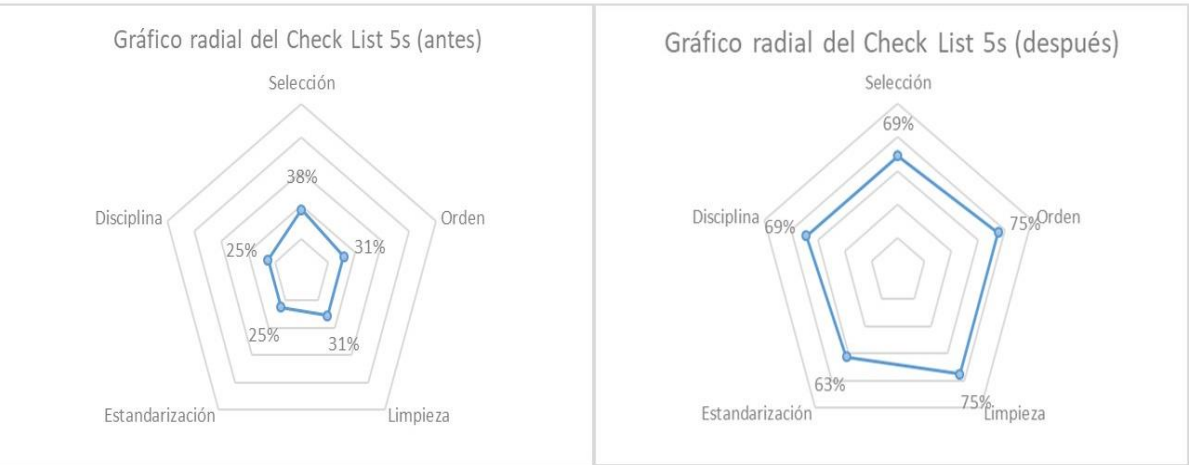
Fuente: Elaboración propia

Tabla 33
Puntaje del Check List 5s antes y después de las acciones de mejora

Descripción	Puntos	Máximo	Porcentajes	Descripción	Puntos	Máximo	Porcentajes
Selección	6	16	38%	Selección	11	16	69%
Orden	5	16	31%	Orden	12	16	75%
Limpieza	5	16	31%	Limpieza	12	16	75%
Estandarización	4	16	25%	Estandarización	10	16	63%
Disciplina	4	16	25%	Disciplina	11	16	69%
Total	24			Total	56		

Fuente: Elaboración propia

Figura 48
Gráfico Radial 5s antes y después de las acciones de mejora



Fuente: Elaboración propia

En la figura 48, podemos ver el cambio positivo mediante gráficos radiales los porcentajes obtenidos en el último Check List en relación a las 5s, realizado el mes de marzo. De igual importancia, esto nos da a entender que, la implementación si fue de gran utilidad para la mejora. De la misma forma, se ejecutó el Check List de los 8 desperdicios con el mismo criterio de puntuación de las 5s, esto lo podremos visualizarlo en la figura 49, dando como resultado una mayor puntuación en el criterio de inventario y defectos, los cuales, antes de la implementación, eran los más bajos.

Tabla 34

Check List 8 desperdicios antes y después de la implementación

CHECK LIST DE EVALUACIÓN 8 DESPERDICIOS (ANTE S)							CHECK LIST DE EVALUACIÓN 8 DESPERDICIOS (DESPUÉS S)								
Nota: 0 = Muy malo, 1 = malo, 2 = moderado, 3 = bueno, 4 = perfecto		Puntaje				Calificación	Nota: 0 = Muy malo, 1 = malo, 2 = moderado, 3 = bueno, 4 = perfecto		Puntaje				Calificación		
N°	Re-proceso	0	1	2	3		4	N°	Re-proceso	0	1	2		3	4
1	¿Son apropiados los procesos que usas en tu empresa?			X			2	1	¿Son apropiados los procesos que usas en tu empresa?				X		3
2	¿Las especificaciones han sido actualizadas en los últimos 6 meses?	X					0	2	¿Las especificaciones han sido actualizadas en los últimos 6 meses?				X		3
3	¿Ha confirmado alguien que esto es exactamente lo que necesita el cliente en términos de acabado, ensamblaje, etc.?				X		3	3	¿Ha confirmado alguien que esto es exactamente lo que necesita el cliente en términos de acabado, ensamblaje, etc.?		X				2
4	¿Se ha revisado este proceso durante los últimos seis meses?	X					0	4	¿Se ha revisado este proceso durante los últimos seis meses?				X		3
SUBTOTAL						5	SUBTOTAL						11		
Inventario		0	1	2	3	4	Calificación	Inventario		0	1	2	3	4	Calificación
5	¿Existen materiales en el piso que interrumpe las actividades o cajas en las oficinas?		X				1	5	¿Existen materiales en el piso que interrumpe las actividades o cajas en las oficinas?					X	4
6	¿Los trabajadores trabajan en su máxima capacidad?		X				1	6	¿Los trabajadores trabajan en su máxima capacidad?				X		3
7	¿Existe un exceso de materiales acumulados en el área?		X				1	7	¿Existe un exceso de materiales acumulados en el área?					X	4
8	¿Hay un plan de control de las mercancías?		X				1	8	¿Hay un plan de control de las mercancías?				X		3
SUBTOTAL						4	SUBTOTAL						14		
Defectos		0	1	2	3	4	Calificación	Defectos		0	1	2	3	4	Calificación
9	¿Existen procesos estándares bien documentados?			X			2	9	¿Existen procesos estándares bien documentados?					X	4
10	¿Existen programas de capacitación multidisciplinarios efectivos?	X					0	10	¿Existen programas de capacitación multidisciplinarios efectivos?			X			2
11	¿Los trabajadores trabajan en su máxima capacidad?		X				1	11	¿Los trabajadores trabajan en su máxima capacidad?				X		3
12	¿Se generó el entregable que solicitaste?		X				1	12	¿Se generó el entregable que solicitaste?				X		3
SUBTOTAL						4	SUBTOTAL						12		
Destreza de los empleados		0	1	2	3	4	Calificación	Destreza de los empleados		0	1	2	3	4	Calificación
13	¿Los colaboradores están capacitados en todos los campos de manera efectiva?			X			2	13	¿Los colaboradores están capacitados en todos los campos de manera efectiva?				X		3
14	¿Los colaboradores se animan a sugerir mejoras?		X				1	14	¿Los colaboradores se animan a sugerir mejoras?				X		3
15	¿Los colaboradores tienen el permiso de realizar mejoras?		X				1	15	¿Los colaboradores tienen el permiso de realizar mejoras?				X		3
16	¿Se forman a los colaboradores en las mejores prácticas?		X				1	16	¿Se forman a los colaboradores en las mejores prácticas?			X			2
SUBTOTAL						5	SUBTOTAL						11		
Sobre-producción		0	1	2	3	4	Calificación	Sobre-producción		0	1	2	3	4	Calificación
17	¿Existe inventario excesivo debido al tiempo de fabricación de transformadores B.T.?			X			2	17	¿Existe inventario excesivo debido al tiempo de fabricación de transformadores B.T.?				X		3
18	¿El flujo de trabajo es efectivo?		X				1	18	¿El flujo de trabajo es efectivo?			X			2
19	¿Se ha realizado un diagnóstico en relación al exceso de stock en los últimos 6 meses?	X					0	19	¿Se ha realizado un diagnóstico en relación al exceso de stock en los últimos 6 meses?					X	4
20	¿Se está fabricando los transformadores B.T. de acuerdo a la demanda del cliente?				X		3	20	¿Se está fabricando los transformadores B.T. de acuerdo a la demanda del cliente?				X		3
SUBTOTAL						6	SUBTOTAL						12		
Espera (Lista de espera)		0	1	2	3	4	Calificación	Espera (Lista de espera)		0	1	2	3	4	Calificación
21	¿Existen demoras en la entrega de material o información?		X				1	21	¿Existen demoras en la entrega de material o información?			X			2
22	¿Las actividades de la empresa se realizan de forma puntual?		X				1	22	¿Las actividades de la empresa se realizan de forma puntual?				X		3
23	¿Hay cuellos de botella que impactan en el tiempo de continuidad de la operación?			X			2	23	¿Hay cuellos de botella que impactan en el tiempo de continuidad de la operación?		X				2
24	¿Existe paros técnicos?		X				1	24	¿Existe paros técnicos?				X		3
SUBTOTAL						5	SUBTOTAL						10		
Movimiento		0	1	2	3	4	Calificación	Movimiento		0	1	2	3	4	Calificación
25	¿Se ha tenido en cuenta algún diseño ergonómico del puesto de trabajo?	X					0	25	¿Se ha tenido en cuenta algún diseño ergonómico del puesto de trabajo?			X			2
26	¿Existe información o conocimiento de las herramientas adecuadas para hacer el trabajo mas accesible y fácil?		X				1	26	¿Existe información o conocimiento de las herramientas adecuadas para hacer el trabajo mas accesible y fácil?				X		3
27	¿Las herramientas o la información necesaria para realizar las tareas de trabajo están accesibles en 5 segundos?		X				1	27	¿Las herramientas o la información necesaria para realizar las tareas de trabajo están accesibles en 5 segundos?				X		3
28	¿Existen ciertos espacios de trabajo que interrumpan en el flujo de actividades?			X			2	28	¿Existen ciertos espacios de trabajo que interrumpan en el flujo de actividades?				X		3
SUBTOTAL						4	SUBTOTAL						11		
Transporte		0	1	2	3	4	Calificación	Transporte		0	1	2	3	4	Calificación
29	¿Se entrega a mano la información o tarea realizada en la empresa?				X		3	29	¿Se entrega a mano la información o tarea realizada en la empresa?				X		3
30	¿Se entrega el trabajo en su momento en el lugar adecuado?			X			2	30	¿Se entrega el trabajo en su momento en el lugar adecuado?			X			2
31	¿Hay largos recorridos para trasladar la mercancía?				X		3	31	¿Hay largos recorridos para trasladar la mercancía?				X		3
32	¿Existen maquinarias o equipamientos para trasladar la mercancía?	X					0	32	¿Existen maquinarias o equipamientos para trasladar la mercancía?			X			2
SUBTOTAL						8	SUBTOTAL						10		

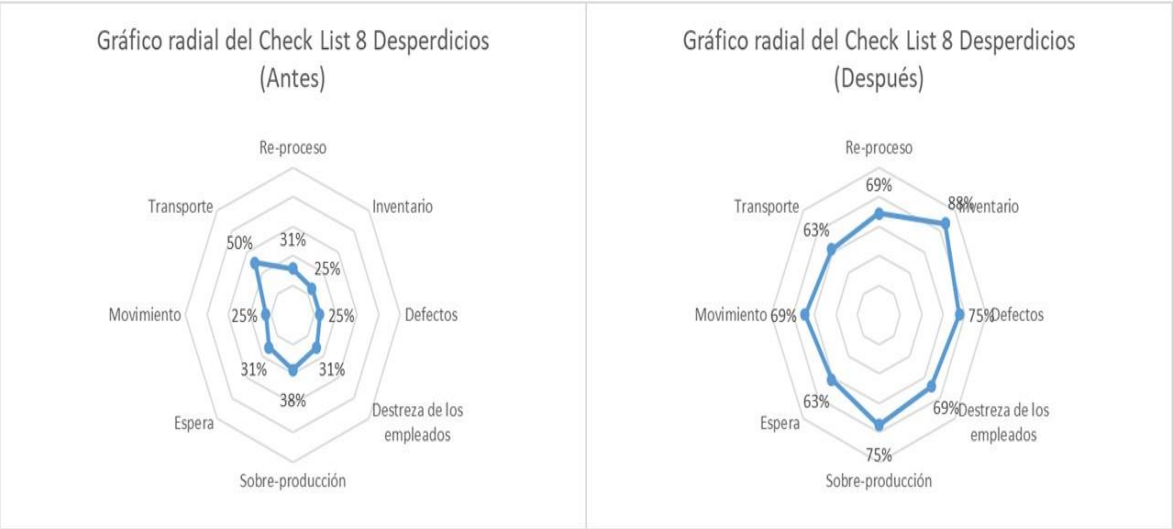
Fuente: Elaboración propia

Tabla 35
Puntaje en relación al Check List 8 desperdicios antes y después de las acciones de mejora

Descripción	Puntos	Máximo	Porcentajes	Descripción	Puntos	Máximo	Porcentajes
Re-proceso	5	16	31%	Re-proceso	11	16	69%
Inventario	4	16	25%	Inventario	14	16	88%
Defectos	4	16	25%	Defectos	12	16	75%
Destreza de los empleados	5	16	31%	Destreza de los empleados	11	16	69%
Sobre-producción	6	16	38%	Sobre-producción	12	16	75%
Espera	5	16	31%	Espera	10	16	63%
Movimiento	4	16	25%	Movimiento	11	16	69%
Transporte	8	16	50%	Transporte	10	16	63%
Total	41			Total	91		

Fuente: Elaboración propia

Figura 49
Gráfico Radial 8 desperdicios antes y después de las acciones de mejora




Fuente: Elaboración propia

5.2 Análisis teórico de los datos y resultados obtenidos en relación con las bases teóricas de la investigación

Para la implementación Lean Six Sigma se trabajó mediante 5 etapas que son: Definir, medir, analizar, mejorar y controlar; en la primera etapa se realizó un diagnóstico de los procesos; en la segunda, se midió el desempeño de los procesos mediante el programa Minitab con la finalidad de buscar un estado de mejora. En la tercera etapa se realizó un estudio de los factores que afectaban a la materia prima, y se dio a conocer cuál es la materia prima que genera más gastos y desperdicios en la empresa. En la cuarta etapa, se realizó la mejora, donde se emplea la herramienta Lean Visual Management y las 5s en el almacén 101. Finalmente, se empleó la etapa de control, donde se aplicaron herramientas de calidad como las gráficas de control y Check List para mantener las mejoras controladas.

Figura 50

Diagrama de análisis de proceso después de emplear la metodología Lean Six Sigma

		DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO									
Diagrama No.	Hoja No.	OPERARIO		MATERIAL		EQUIPO					
Objetivo:	Revisión y seguimiento de los procesos de la fabricación de transformadores	RESUMEN									
		ACTIVIDAD		ACTUAL		Comentarios					
		Operación		15		Hay un retraso de tiempos en el proceso de laminado, los operarios no usan guantes para la colocación de laminas. Al tocar las laminas con los dedos, deja bacterias y suciedad en ellas, resultando desgaste en la vida útil del transformador.					
		Transporte		6							
		Espera		2							
		Inspección		5							
		Almacenamiento		2							
Metodo:											
Actual <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto <input type="checkbox"/>											
Localización: Taller de producción Lima, Los Olivos		Distancia (m)		27							
Operario: 2		Tiempo (minutos)		102							
Descripción		Distancia	Tiempo (minutos)	Símbolo					Observaciones		
Rebobinado											
Llevar cantidad de materia prima al área de producción	3	3		●							
Inspección de los materiales en la mesa de trabajo	-	1					●				
Prender Rebobinadora	-	1		●							
Colocación de papel dieléctrico en el eje de la maquina	-	2		●							
Agregar alambre de cobre	-	2		●							Usar guantes
Rebobinar alambre de cobre	-	27		●							Ordenar herramientas de trabajo
Soldar cable GPT 20	-	3		●							
Agregar papel dielectrico	-	3		●							
Ajuste del chasis de la bobina	-	1		●							
Laminado											
Agregar laminas de fierro silicoso E	-	10		●							Realizar check list de la cantidad de laminas usadas. Usar guantes
Agregar laminas de fierro silicoso i	-	5		●							Realizar check list de la cantidad de laminas usadas. Usar guantes
Inspección visual de la colocación de laminas	-	2					●				Algunas laminas están mal colocadas
Llevar bobina a la mesa de trabajo (barniz)	3	0.5			●						
Barnizado											
Barnizar bobina	-	1		●							
Espera del secado		5					●				
Inspección del secado	-	0.5						●			
Llevar a la sala de ensamble	3	0.5			●						
Ensamblado											
Ensamblado del transformador	-	6		●							
Colocar llave termica		3									
Inspección del ensamblado	-	1						●			
Llevar transformador a la sala de prueba de rutina	2	0.5			●						
Prueba de rutina											
Realizar operación de prueba de rutiana	-	5		●							
Espera del funcionamiento del transformador	-	2					●				
Llevar producto terminado al área de empaçado	3	0.5			●						
Embalaje											
Colocación de codigo de serie (etiquetado)	-	1		●							
Embalaje del transformador con rollo film	-	2		●							
Colocación de transformadores en cajas	-	2		●							
Inspección del pedido	-	1						●			
Traslado al área de almacenamiento de productos terminados	5	0.5			●						
Almacenamiento	-	10								●	
TOTAL	27	102		15	6	2	5	2			

Fuente: Elaboración propia

Mediante el uso de la herramienta de diagrama de análisis de procesos, se pudo obtener resultados óptimos después de la implementación de la metodología Lean Six Sigma, reduciendo 38 minutos de tiempo muerto para la fabricación de transformadores de baja

tensión, lográndose mayor impacto en el proceso de rebobinado y laminado. A continuación, se muestra la tabla de tiempos de ciclo de los transformadores de baja tensión después de las acciones de mejora:

Tabla 36
Tiempo de proceso de fabricación de transformadores antes y después de emplear la metodología Lean Six Sigma

Tiempo de proceso de fabricación de transformadores	Antes	Después
Rebobina	56 min	43 min
Laminado	32.5 min	17.5 min
Barnizado	11 min	7 min
Ensamblado	14.5 min	10.5 min
Prueba de rutina	7.5 min	7.5 min
Embalaje	18.5 min	16.5 min
Total	140 min	102 min

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el procedimiento que se trabajó en el almacén de láminas de hierro silicoso y alambre de cobre:

Figura 51
Procedimiento de las acciones de mejora en el almacén de láminas de hierro silicoso y alambres de cobre



Fuente: Elaboración propia

En este contexto, se realizó un estudio en el mes de marzo de 110 unidades de transformadores, donde se encontró un total de 19 fallos por 22 lotes de 5 unidades de transformadores, esto podemos visualizarlo en la tabla 14.

Tabla 37

Cantidad de transformadores por lotes después de la implementación

Lotes	Unidades	Defectos
1	5	0
2	5	0
3	5	1
4	5	1
5	5	1
6	5	1
7	5	1
8	5	1
9	5	1
10	5	1
11	5	1
12	5	1
13	5	1
14	5	1
15	5	1
16	5	1
17	5	1
18	5	1
19	5	1
20	5	1
21	5	1
22	5	0

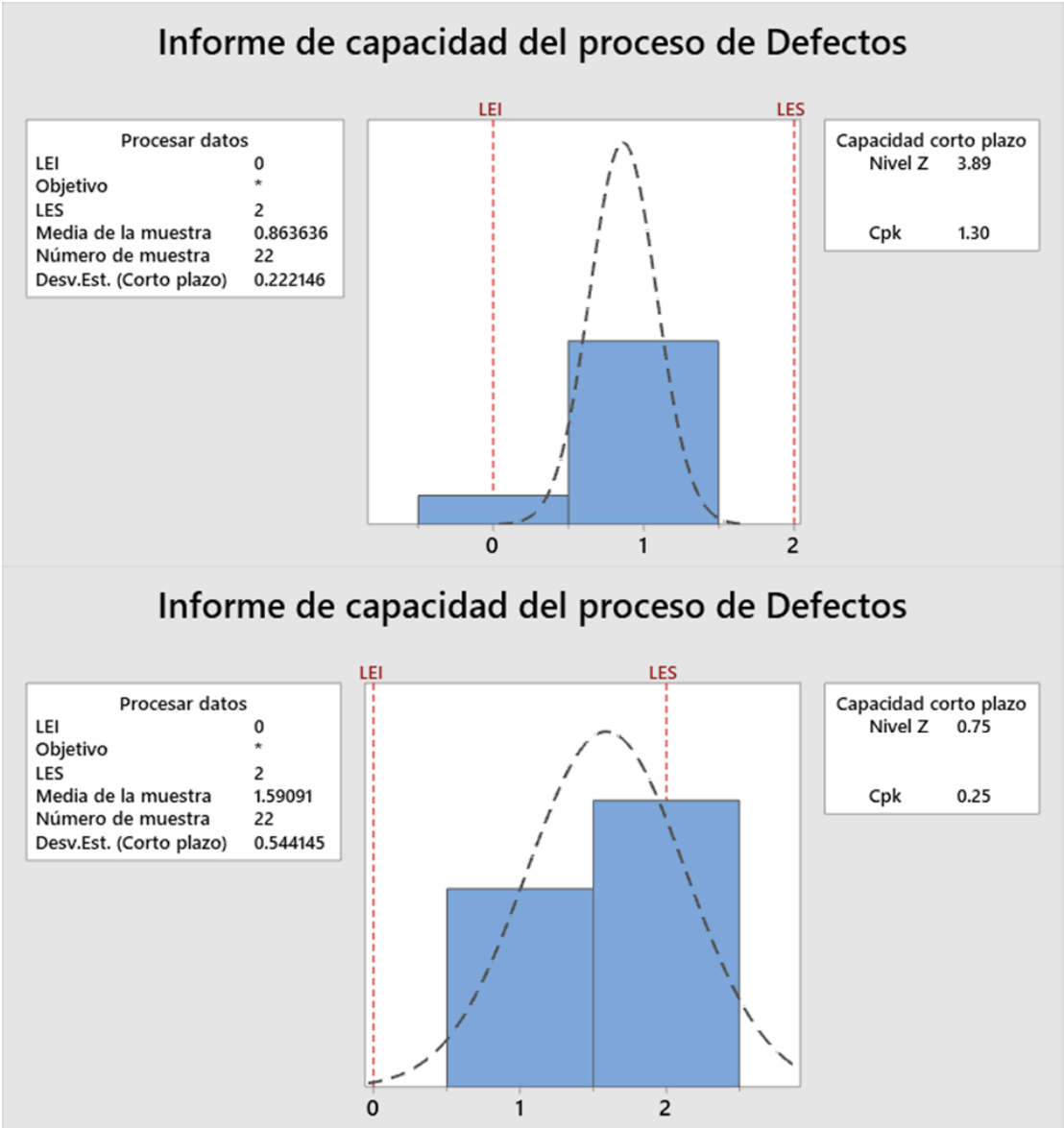
Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se muestra el antes y después de emplear la metodología del nivel sigma donde se obtuvo un nivel sigma de 3.89 con un DPMO de 8424.18 en la figura 52. Esto quiere decir que, al encontrarse en el nivel 3 (dando para el nivel 4), el método de trabajo se valida como adecuado. En relación al DPMO se puede entender que, por cada 1 millón de unidades que estamos procesando, se tiene la probabilidad de generar 8424.18 unidades falladas. De igual importancia, es necesario realizar las capacitaciones adecuadas respecto a Lean Six Sigma para llegar a un nivel óptimo de 6 y así reducir la cantidad de fallos encontrados. Finalmente, se muestra el valor Cp y Cpk en la figura 53, donde se obtuvo un Cp de 1.50 y un Cpk 1.30. Esto significa que, el proceso de fabricación de transformadores

de baja tensión es capaz de trabajar de manera adecuada ya que el valor del Cp se encuentra entre 1.33 y 2, manteniéndose en la clase de procesos 1, cumpliendo del mismo modo con las especificaciones del cliente.

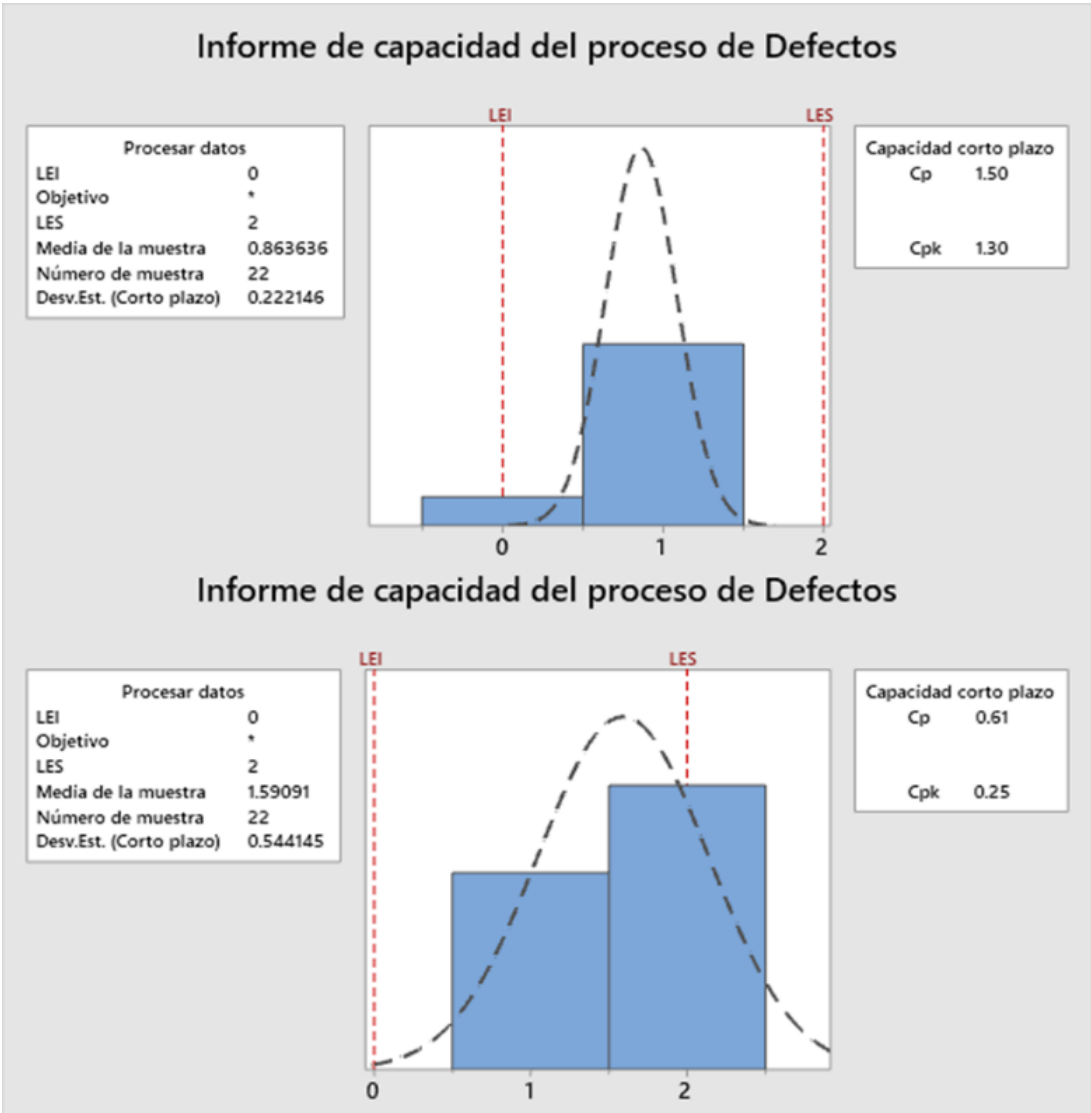
Figura 52

Nivel Sigma antes y después de la implementación



Fuente: Elaboración propia

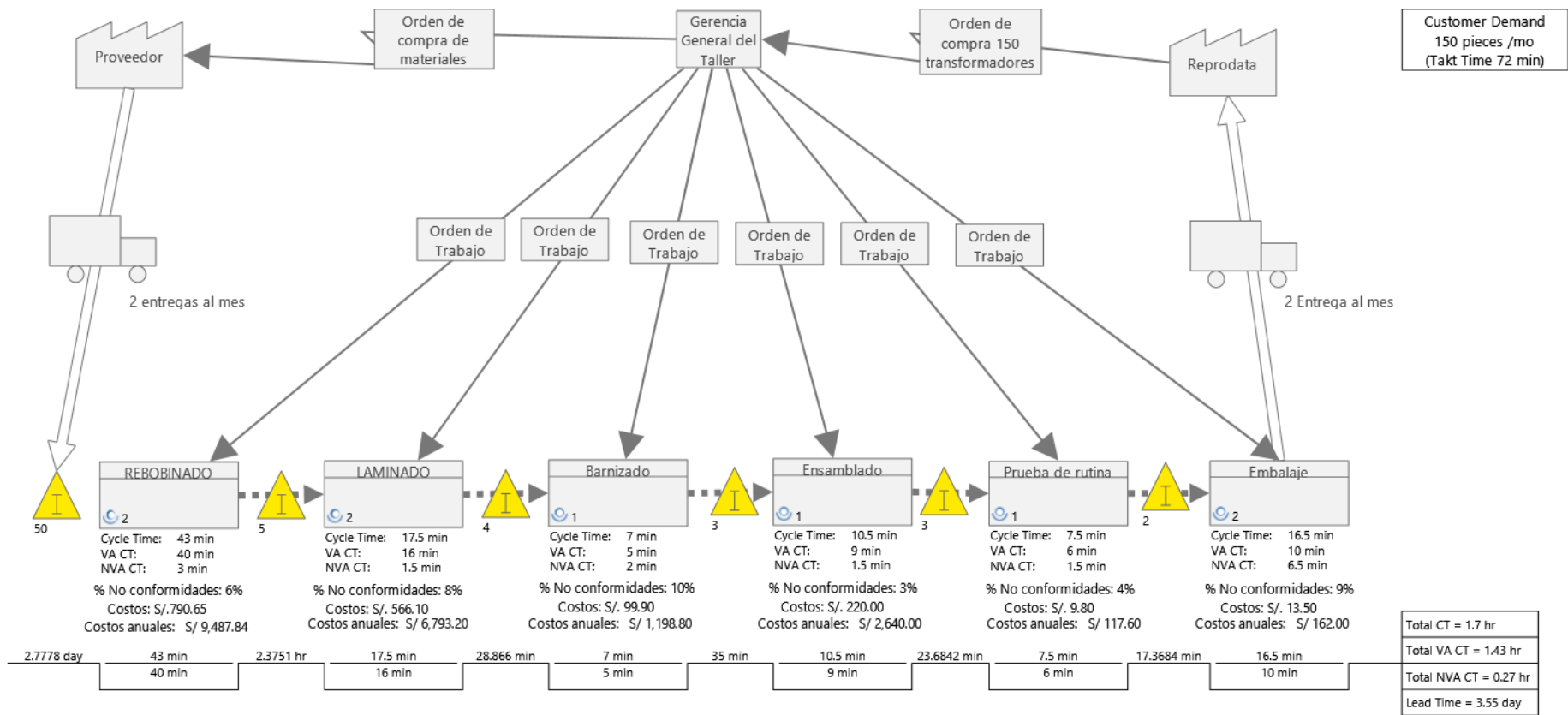
Figura 53
Valor Cp y Cpk antes y después de la implementación



Fuente: Elaboración propia

Figura 54

VSM después de implementar la metodología en la empresa Niusa S.A.C.



Fuente Elaboración propia

Mediante el uso de la herramienta VSM, podemos visualizar y entender que, se ha podido reducir los tiempos de ciclo en 38 minutos (datos obtenidos en el diagrama de análisis de proceso, tabla 36). El tiempo de ciclo total se está acercando al Takt Time requerido para la fabricación de transformadores.

5.3 Análisis de la asociación de variables y resumen de las apreciaciones relevantes que produce

Al emplear de manera estructurada la metodología en estudio que es Lean Six Sigma, se logró reducir los costos de producción mediante la restauración del almacén de láminas de hierro silicoso de la empresa. Se dio prioridad a la aplicación de las 5s para agilizar los procesos de fabricación y también para disminuir los desperdicios generados por la humedad y la mala gestión de materiales. Asimismo, se pudo identificar las causas de la demora de procesos y de los costos de producción los cuales fueron seleccionados mediante las herramientas de calidad con el equipo de trabajo y el gerente de la empresa. Luego de determinar estas causas, se procedió a realizar las funciones para amortiguar en ellas y emplear las soluciones necesarias. Gracias al apoyo del personal del área de producción y del área del almacén, se logró optimizar el almacén 101 de láminas de hierro y alambres de cobre, realizando las tareas de limpieza, orden de materiales y mantenimiento, así mismo, la clasificación de materiales. Una vez realizadas las capacitaciones necesarias en relación con la metodología y la optimización del almacén, el personal logró trabajar efectivamente en la fabricación de transformadores de baja tensión. Además, esto ayudó a que el personal tome conciencia de las normas de trabajo tanto de limpieza como de gestión de materiales. Para calcular el nivel sigma, se realizó el estudio de la muestra de 110 transformadores, donde pudimos observar ciertos defectos como las manchas de óxido en las partes laterales del transformador, pero gracias a la implementación, se pudo reducir el nivel de defectos que se encontraron en las muestras. Podemos concluir que, la empresa pudo reducir en el mes de marzo un total de S/. 5438.25

en desperdicios ya que solían gastar en desperdicios un total de S/. 7138.21 al mes. Cabe recalcar que, el nivel sigma aumentó en 3.14, siendo el nivel sigma actual de 3.89. Esto nos da a entender que el proceso de fabricación es el adecuado para cumplir las especificaciones del cliente. Finalmente, gracias a la implementación Lean Six Sigma, se logró tener un mejor ambiente laboral de trabajo y control más eficiente de la materia prima.

CONCLUSIONES

- Las herramientas de la fase medir y analizar, permitió determinar el diagnóstico del proceso productivo de la empresa NIUSA S.A.C. Gracias al VSM, AMEF, diagrama causa efecto, Pareto y análisis de criticidad, se identificó que el proceso de laminado era el que generaba mayor costo de defectuosos, con un total de pérdidas por S/. 4,075.92 mensuales, equivalente a S/. 48,911.04 en costos anuales; le seguía el proceso de rebobinado que ascendía a un total de S/. 1,999.89 mensuales, lo que equivale en costos anuales a S/. 23,998.64, impactando de esta forma en la economía de la empresa Niusa S.A.C.
- Asimismo, se pudo identificar que la causa origen del problema fue que, el almacén 101 de láminas de hierro silicoso y alambres de cobre, no se les había realizado las prácticas y métodos necesarios de control y orden de dichas materias primas.
- En relación con la estructura de costos, el 16.80% corresponden a costos fijos y el 81.12% corresponde a costos variables, dando como resultado un saldo disponible de flujo de caja de 2.08%.
- Con la implementación de la disciplina 5S, se logra reducir los desperdicios generados en el almacén de láminas de hierro silicoso en un 86.11% (278.5 Kg/mes en láminas de hierro silicoso).
- Con la implementación de la metodología Lean Six Sigma mediante la aplicación de las herramientas lean 5S, Visual Management y trabajo estándar, se logra reducir los costos de producción en el proceso de fabricación de transformadores de baja tensión en la empresa Niusa S.A.C. Antes de la implementación los costos de defectuosos ascendían a S/ 7,138.21, reduciéndose después de la misma a S/ 1,699.95 mensuales. Siendo el ahorro de láminas de hierro silicoso de 279 kg, lo que equivale en costos a S/ 3,509.82 mensuales.
- Asimismo, de acuerdo con el análisis económico, con la implementación del LSS, los costos fijos no cambiaron al emplear LSS, sin embargo, los costos variables han reducido de 81.12% a 70.82% gracias a aplicación de las mejoras planificadas. Podríamos concluir que, se reduciría los costos variables de S/. 496,426.40 a S/. 433,404.26, lo que equivale

a S/. 63,022.14 en la reducción de costos, e incrementando los saldos de flujo de caja de 2.08% a 12.38%.

- En conclusión, las mejoras de gestión con el método Lean Six Sigma, se reducen los costos variables de fabricación en 10.30% y los saldos de caja se incrementan de S/.12,747.00 a S/.75,769.14 soles en el periodo anual evaluado.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere implementar el uso de herramientas de control de la calidad en forma integral, a fin de reducir las causas que generan problemas de producción y gestión en la empresa y que impactan en su economía.
- Debido a la coyuntura del COVID-19, algunas empresas han dado de baja sus actividades y proyectos, por ello, se sugiere realizar un plan de continuidad de negocio para prevenir el paro de sus planes de desarrollo y operaciones de la empresa, puede considerarse la implementación del ISO 22301.
- Se sugiere ejecutar los planes de mantenimiento de limpieza periódicamente ya que, el desorden y la falta de higiene es uno de los factores que afectan a las láminas de hierro silicoso, resultando el óxido del material y en consecuencia sean inutilizadas.
- Establecer un plan de comunicación respecto a los resultados que se obtuvieron en el proyecto Lean Six Sigma a las demás áreas, con el fin de incentivar en la mejora continua de sus procesos (almacén, control de calidad, distribución, ventas, entre otras.).
- Se recomienda capacitar a todos los colaboradores de la empresa con una certificación LSS Yellow Belt, gestión que favorecería a la empresa al tener conocimientos sólidos en herramientas de control y mejora. Asimismo, el jefe de producción debe capacitarse para la obtención de la certificación Green Belt o Black Belt.
- Mediante los resultados obtenidos, se recomienda aplicar la metodología Lean Six Sigma en los demás procesos de la empresa, tanto de producción como administrativos.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, J. A., Benítez, M. D., Guidek, R. C., Domínguez, G. A., Flores, V. A., & Kluge, A. G. (2016). Análisis de los deseos de los clientes de servicios inmobiliarios mediante el Modelo Kano. *Revista Da UIIPS*, 4(4), 1–13.
- AGUILAR, Henry (2009) Tratamiento tributario de las Mermas y Desmedros. *En revista: Asesor Empresarial N° 338* (consulta: 17 de enero de 2017). (http://www.asesorempresarial.com/web/webrev/_MSSTBTCF.pdf).
- Albarrán, J.M. (2014). *PFC: Diseño y fabricación de un molde para inyección en plástico*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). Universidad Pontificia Comillas.
- Alshammari, A., Redha, S., Hussain, S., Nazzal, T., Kamal, Z., y Smew, W. (2018). *Quality Improvement in Plastic Injection Molding Industry: Applying Lean Six Sigma to SME in Kuwait*. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.
- Ann, D. (2014). *Using visual management to improve transparency in planning and control in construction* [Tesis de doctorado, University of Salford]. Repositorio institucional - University of Salford.
- Anthony, J. (2006). *Design for Six Sigma: a Breakthrough business improvement strategy for achieving competitive advantage*, Work Study, Vol. 51, UK. Pág. 6
- Antonucci, I. (2020). *Capacidad de procesos: métricas de calidad y estrategia Seis Sigma*. Atlas Consultora. Recuperado de: <http://www.atlasconsultora.com/capacidad-de-procesos/#indice-de-capacidad-real-del-proceso-cpk>
- Barcia, K., Verdezoto, Á., & Abad, J. (2019). *Efecto de la metodología lean six sigma en el tiempo de cambio de moldes en el área de termoformado foam: Caso Ecuador*. Iberian Journal of Information Systems and Technologies, (23), 494–506.
- Breyfogle III, Forrest W. (2003), *Implementing Six Sigma: Smarter solutions using statistical methods*, John Wiley & Sons, 2a edition, New Jersey.
- Calderón, J. (2020). *Implementación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la productividad en una empresa de plásticos* (Tesis de maestría). Universidad Ricardo Palma, Perú.
- Cantón Mayo, Isabel (2010). Introducción a los Procesos de Calidad. REICE. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 8(5),3-18.
- Carbajal, G., Valls, W., Lemoine, F. y Alcivar, V. (2017). *Gestión por proyecto. Un principio de la gestión de calidad*. Manta, Manabí, Ecuador.
- Cárdenas, Miguel (2018) *Diagrama de Análisis de procesos*, Universidad de San Martín de Porres. Recuperado de: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-de-san-martin-de-porres/tecnologia-de-los-materiales/informe/diagrama-de-analisis-del-proceso/4897842/view>
- Carro, R. y Gonzales, D. (2017). *Control Estadístico de Procesos*. Administración de las operaciones. Universidad de mar de plata.

- Cerón, J., Madrid, J. y Gamboa, A. (2015). *Desarrollo y casos de aplicación de Lean Manufacturing*. 11(28), 33-44.
- Crespo, A., Contieri, G. y Silva, R. (2018). *Estudio de capacidad y su importancia en el proceso de mecanizado*. Recuperado de: <http://ensaios.usf.edu.br/>
- Cruz Herrera, A., Ureña Aguirre, J. y Lorente Leyva, L. (2019). *Application of Six Sigma in Improving the Quality of Recyclable Polymer in Collection Centers*. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.
- Cruz, A., Pozo, E., Ureña, J. y Lorente, L. (2019). *Improvement Production Capacity of Recycled Plastic Wood through Six Sigma DMAIC*. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.
- De Oliveira, R. I., Sousa, S. O., & de Campos, F. C. (2019). *Lean manufacturing implementation: bibliometric analysis 2007-2018*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 101(1–4), 979–988. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-2965-y>
- De Queiroz Santos, A., de Amorim, D., Morais, S., Neto, H., & Fontgalland, I. (2015). *Sigma Level Verification of a Thermoplastic Industry with the Support of DMAIC Method*. MATEC Web Of Conferences, 35, 01002.
- Delgado, E. (2016). *Propuesta de un plan para la reducción de la merma utilizando la metodología six sigma en una planta de productos plásticos* (Tesis de Magister). Pontificia Universidad Católica Del Perú.
- DURBACA, I. (2015). *New Statistical Approach "Six Sigma" as a Solution for Improving Plastic Quality Products*. Politehnica University of Bucharest, 313 Splaiul Independentei Str. 060042, Bucharest, Romania
- Ernesto, P. (2008). *Información de organizaciones con Microsoft Access*. ResearchGate. Universidad de los Andes, 1, 52-53.
- Escalante Vásquez, Edgardo, (2003). *Seis-sigma: metodología y técnicas*. México: Limusa.
- Espinoza, A. (2019). *Propuesta de mejora continua en el proceso de producción de una planta de plásticos mediante la metodología PDCA y manufactura esbelta* (Tesis de Magister). Pontificia Universidad Católica del Perú
- Expansión (2021). *Perú proyecta una inflación de entre el 1,7% y el 2,1% para 2021. Expansión*. Recuperado el día 10 de enero del 2021: <https://www.expansion.com/latinoamerica/2021/01/10/5ffb4f0a468aebda158b4651.html>.
- Feitó Cespón, M., Cespón Castro, R., & Rubio Rodríguez, M. (2016). *Modelos de optimización para el diseño sostenible de cadenas de suministros de reciclaje de múltiples productos*. Ingeniare. Revista Chilena De Ingeniería, 24(1), 135-148.
- Furterer, S. (2016). *Lean Six Sigma in Service: Applications and Case Studies*. New York, Estados Unidos. CRC press Taylor y Francis group.
- García, R. (2000). *Estudio del trabajo, Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. Puebla. México.

- George, M. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed*. Mc GrawHill. New York.
- Gómez Niño, Ofelia (2011). Los costos y procesos de producción, opción estratégica de productividad y competitividad en la industria de confecciones infantiles de Bucaramanga. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (70),167-180. [fecha de Consulta 23 de enero de 2021]. ISSN: 0120-8160. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=206/20620709014>
- Gong, G., Chen, J., & Guo, G. (2017). *Enhancing tensile strength of injection molded fiber reinforced composites using the Taguchi-based six sigma approach*. The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology, 91(9-12), 3385-3393.
- González, D. (2016). *Propuesta de la metodología seis sigma (dmaic), para la reducción de mermas en la línea de poliducto corrugado bicapa tipo "s", en la empresa poliductos flexibles S.A. de C.V. de Coatepec, Ver.* UNIVERSIDAD VERACRUZANA
- Grima, P. y Tort-Martorell, J. (1995). *Técnicas para la gestión de calidad*. Madrid, España. Ediciones Diaz de Santos S.A.
- Guerrero, J. (2018). *Capacidad del Proceso (Cp-Cpk), Leanroots*. Recuperado de: <https://www.leanroots.com/wordpress/2017/10/11/capacidad-del-proceso-cp-cpk-cpm-cpkm/>.
- Gutiérrez Garza, Gustavo, (2004). *Aterrizando seis sigma*. Regiomontanas, 2ª edición, México, pp. 11–13.
- Gutiérrez, H. y Vara, R. (2009). *Control estadístico de calidad y Seis Sigma*. México D. F.: McGraw-Hill. Recuperado de: <http://bit.ly/2vYVbNO>.
- HARRIS, J. (2016). *Master Film Makers*. Manufacturing Today, 134–137.
- Hernandez, R., Fernandez, C., Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México DF, México: McGRAW-HILL/Interamericana Editores.
- ILZARBE IZQUIERDO, LAURA, & TANCO, MARTÍN, & VILES, ELISABETH, & ÁLVAREZ SÁNCHEZ-ARJONA, MARÍA JESÚS (2007). *El diseño de experimentos como herramienta para la mejora de los procesos. Aplicación de la metodología al caso de una catapulta*. Tecnura, 10(20),127-138. [fecha de Consulta 23 de Enero de 2021]. ISSN: 0123-921X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2570/257021012011>
- Jagusiak-Kocik, M. (2017). *PDCA cycle as a part of continuous improvement in the production company - a case study*. PRODUCTION ENGINEERING ARCHIVES 14 (2017) 19-22.
- Josiah, W. (2017). *A Six Sigma Approach to Implementing Conformal Cooling on Existing Processes in Injection Molding*. Theses. 2214.
- Kairulazam, C., Hussain, M., Mohd Zain, Z., & Lutpi, N. (2014). *Reduction of rejection rate for high gloss plastics product using six sigma Method*. Applied Mechanics and Materials, 606, 141-145.

- Kane, V. (1986). *Process Capability Indices*, *Journal of Quality Technology*, 18, pp. 41-52.
- León-Quismondo, J., García-Unanue, J., & Burillo, P. (2020). *Análisis de Importancia-Valoración (IPA) y Modelo Kano aplicados a centros fitness de la Comunidad de Madrid*. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 15(44), 223–234. <https://doi.org/10.12800/ccd.v15i44.1464>
- López, C. (2011) *La metodología Seis Sigma ¿qué es? ¿para qué sirve? ¿cómo se aplica? ¿requerimientos para su implementación? ¿etapas de implementación?*. Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/ger/no12/6sigma.htm>
- LÓPEZ LEAL, R., SILICEO RODRÍGUEZ, M. L., & HERNÁNDEZ PITALÚA, D. (2017). Optimización De Procesos Administrativos Aplicando Herramientas De Lean Six Sigma: Caso De Estudio. *Revista Ciencia Administrativa*, 388–401.
- López, P. (2016). *Herramientas para la mejora de la calidad*. Madrid, España. Fundación Confemetal
- Luca, L. y, Pasare, M. (2019). *Study on a new classification of causes which generated effects of injection molding products*. University Constantin Brancusi of Targu-Jiu, Faculty of Engineering, 30 Eroilor Str., 210163, Targu-Jiu, Romania.
- Maged, A. (2019). *Continuous improvement of injection moulding using Six Sigma: case study*. *Int. J. Industrial and Systems Engineering*, Vol. 32, No.
- Mallqui, L. (2018). *Aplicación de la metodología Six Sigma para reducir la merma de Scrap en el proceso de fabricación de sacos de polipropileno* (Licenciatura). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Mansur, A., Mu'alim, & Sunaryo. (2016). *Plastic Injection Quality Controlling Using the Lean Six Sigma and FMEA Method*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 105, 012006.
- Mar Abierto. Carro, R. y Gonzales, D. (2017). *Control Estadístico de Procesos*. Administración de las operaciones. Universidad de mar de plata.
- Medina, A. (2018). *Aplicación de la metodología Six Sigma para reducir la merma de Scrap en el proceso de fabricación de sacos de polipropileno* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú.
- Monti Vieira, I. L., Carlos Pacagnella Junior, A., & Amaral Terra, L. A. (2018). *Desafios do lean seis sigma na indústria de bebidas*. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 10(19), 35–55.
- Morales, A., & Garambullo, A. (2017). *Aplicación de metodología lean seis sigma para la reducción de defectos en la producción de lentes dentro de la empresa formula Plastics de México S. A de C. V. En Tecate B. C.* *Revista electrónica del desarrollo humano para la innovación social*, Vol. 4.
- Naumann, E. and Hoisington, S.H. (2001). *Customer Centered Six Sigma: Linking Customers, Process Improvement and Financial Results*. ASQ Quality Press. Milwaukee. New York.
- Nieto, M (2019). *Propuesta de mejora en gestión productiva utilizando herramientas de Lean*

- Manufacturing en una empresa que fabrica cables conductores eléctricos* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima
- Nurcahyo, R., Rini, L. y Ishak, D. (2016). *Quality Improvement in Plastic Based Toy Manufacturer Using Six Sigma Method*. Kampus Baru UI Depok, 16424, Indonesia
- Ortiz, C., Acosta, D., Begambre, R., & Troncoso, B. (2019). *Utilización de Herramientas de Calidad para la Mejora en los Procesos de Extrusión de Plásticos*. BILO, (1), pp. 01-07.
- Ortiz, D., Rodríguez, M. (2006) Implementación de la metodología kaizen para incrementar el rendimiento de la madera en una empresa exportadora de productos de balsa. *Revista Tecnológica ESPOL*, Vol. 19, N. 1, 73-78.
- Pacheco, J (2019). *¿Qué es un Diagrama SIPOC y para qué sirve?*. Webyempresas. <https://www.webyempresas.com/diagrama-sipoc/>.
- Pavličková M. and Bogdanovská G. (2016). Evaluation of inking quality in plastics molding by Six Sigma method, *17th International Carpathian Control Conference (ICCC)*, Tatranska Lomnica, pp. 563-568. Doi: 10.1109/CarpathianCC.2016.7501160.
- Pereira, A., Silva, S., Domingues, M., y Sá, J. (2019). *Lean Six Sigma approach to improve the production process in the mould industry: a case study*. QUALITY INNOVATION PROSPERITY / KVALITA INOVÁCIA PROSPERITA.
- Polesky, G., (2006). *Curso de preparación para green belt en la metodología seis sigma*. Curso impartido en la Universidad de las Américas, octubre, Puebla.
- Pyzdek, Thomas, (2003). *The six sigma handbook*. New York: Mc- Graw Hill.
- Rajadell, M. & Sánchez, J. (2010). *Lean manufacturing: la evidencia de una necesidad*. Madrid, España: Diaz de Santos.
- Resende, V., Alves, A., Batista, A. y Silva, A. (2014). *Financial and Human Benefits of Lean Production in the Plastic Injection Industry: An Action Research Study*. International Journal of Industrial Engineering and Management (IJEM), Vol. 5 No 2, 2014, pp. 61-75.
- Rodríguez, F. (2003). *Indicadores de calidad y productividad en la empresa*. Corporación andina de fomento, 2a edición. Caracas. Venezuela.
- Rodríguez, H. (2004). *Manual de implementación del programa 5S*. España: Corporación Autónoma Regional de Santaner - Oficina de Control Interno.
- Sáenz Céspedes, C. (2018). *Diseño de un proyecto Lean Six Sigma para mejorar el proceso de inyección en una empresa manufacturera de válvulas plásticas*. Universidad Central - Facultad de Ingeniería y Ciencias Básica.
- Salazar, B. (2019). *Nivel Sigma y DPMO*. Ingeniería industrial online. Recuperado de: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-calidad/nivel-sigma-y-dpmo/>
- Sanchez, L. (29 de julio de 2020). Jerarquización por Criticidad de Taladros de Perforación y Rehabilitación para Pozos Petroleros. Reliability Connect. Recuperado de: <https://esp.reliabilityconnect.com/jerarquizacion-por-criticidad-de-taladros-de->

- Saputra, T., Hernadewita, H., Prawira, A., Kusumah, L. y Hermiyetti, ST. (2019). *Quality Improvement of Molding Machine through Statistical Process Control in Plastic Industry*. J. Appl. Res. Ind. Eng. Vol. 6, No. 2 .87–96.
- Setyabudhi, A., Sanusi, & Sipahutar, I. (2019). *Application of Six Sigma Methodology to Improve the Product Quality of Moldings Plastic (Case Study: PT Mega Technology Batam)*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 505, 012067.
- Shingo, S. (1986). *Zero quality control: Source inspection and the Poka-Yoke system*. Portland, OR: Productivity Press
- Sierra, V. P., & Quintero Beltrán, L. C. (2017). Metodología dinámica para la implementación de 5's en el área de producción de las organizaciones. *Revista Ciencias Estratégicas*, 25(38), 411–423.
- Softgrade (s.f.) *Aprende cómo crear un diagrama de procesos correctamente*. Recuperado de: <https://softgrade.mx/crear-diagrama-de-procesos/>
- Su, C-T. And Chou, C-J. (2008) *A systematic methodology for the creation of Six Sigma projects: a case study of semiconductor foundry*. Expert Systems with Applications, Vol. 34, No. 4, pp.2693–2703.
- Suharno, R.D. & Zagloel, T.Y.M. (2019). *Quality improvement of lamination process results in the packaging industry by using the six sigma method*. ACM International Conference Proceeding Series, p. 243-247.
- The Cubbe (2018). *Metodología 5S, hacia la excelencia parte II*. The Cubbe. Recuperado de: https://www.thecubbe.com/2018/10/metodologia-5s-hacia-la-excelencia_22.html
- Think-Productivity, (2017). *Diagrama de Ishikawa*. Think-Productivity. Recuperado de: <https://think-productivity.com/diagrama-ishikawa/>
- Toscano Galicia, Y. del C., Barojas Payán, E., Juárez Rivera, V., Medina Cervantes, J., & Villafuerte Díaz, R. (2019). *Herramientas lean six sigma dentro del área de tintorería de una empresa textilera en el estado de Veracruz*. Congreso Internacional de Investigacion Academia Journals, 11(9), 3600–3605.
- Universidad politécnica de Cataluña. (2008). *Ecosistema de un termoplástico*.
- Usman, R. (2019). *Peningkatan Kualitas Produksi Pelat Dinding Dan Atap Panel Sandwich Menggunakan Metode Six Sigma*.
- Vargas Cordero, Zoila Rosa (2009). *La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica*. Revista Educación, 33 (1),155-165.[fecha de Consulta 23 de Mayo de 2021]. ISSN: 0379-7082. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>
- Vimelec (s.f.) *Lamina Hierro Silicoso Monofásica*, Vimelec. Recuperado de: <https://vimelec.com/productos/monofasica/>
- Wheat B., Mills C. y Camell M. (2004). *Seis sigma: una parábola sobre el camino hacia la*

excelencia y una empresa esbelta. Ed. Norma, p.135.

Wirawan, C., & Chandra, F. (2016). *Quality Tools and TRIZ Based Quality Improvement Case Study at PT 'X' A Plastic Moulding Manufacturing Industry*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 114.

Yang, Kai, (2003). *Design for six sigma*. New York: Mc- Graw Hill.

ANEXOS

Anexo 1: Encuesta de trabajo de tesis (antes y después de la implementación LSS)

Figura 55

Encuesta de trabajo de tesis (antes)

Encuesta Niusa S.A.C. 10 de febrero del 2021

Por favor, dedique unos minutos a completar esta pequeña encuesta, la información que nos proporcione será muy útil para medir el nivel de satisfacción de la cultura Lean Six Sigma. La encuesta tiene una duración alrededor de 6 minutos. Por favor conteste las siguientes preguntas acerca de usted. Estas preguntas serán de gran utilidad para analizar los efectos del estudio.

Gracias por su valioso tiempo.

1. ¿Existe un control de inventarios en el almacén de Niusa S.A.C.?

☐ Si

☐ No

☐ Tal vez

2. Es fácil encontrar los materiales y herramientas para la fabricación de transformadores?

☐ Si

☐ No

☐ Tal vez

3. ¿Está ordenado los materiales y herramientas en el almacén?

☐ Si

☐ No

☐ Tal vez

4. ¿Cuál es el factor que cree usted que afecta a la materia prima? Puede escoger más de 1

☐ Humedad

☐ Mala gestión de materiales

☐ Falta de limpieza

☐ Inventario mal realizado

☐ Instalaciones no adecuadas

☐ Otro: Añadir opción

5. ¿Considera usted que, el personal recibe cursos o capacitación en relación al control de inventarios?

☐ Si

☐ No

☐ Tal vez

6. ¿Considera usted que, se respetan las normas de trabajo en relación al cuidado de materiales, orden y limpieza?

☐ Si

☐ No

☐ Tal vez

Fuente: Elaboración propia

Figura 56

Encuesta de trabajo de tesis (después)

Encuesta Niusa S.A.C. 30 de marzo del 2021

Por favor, dedique unos minutos a completar esta pequeña encuesta, la información que nos proporcione será muy útil para medir el nivel de satisfacción de la cultura Lean Six Sigma. La encuesta tiene una duración alrededor de 6 minutos. Por favor conteste las siguientes preguntas acerca de usted. Estas preguntas serán de gran utilidad para analizar los efectos del estudio.

Gracias por su valioso tiempo.

1. Luego de emplear las herramientas de control de calidad ¿Existe un control de inventarios en el almacén de Niusa S.A.C.?

☐ Si

☐ No

☐ Tal vez

2. ¿Es fácil encontrar los materiales y herramientas para la fabricación de transformadores luego de haber realizado la implementación de las 5s?

☐ Si

☐ No

☐ Tal vez

3. Luego de realizar la clasificación de materiales y colocarlas en su respectiva ubicación ¿Está ordenado los materiales y herramientas en el almacén?

☐ Si

☐ No

☐ Tal vez

4. Luego de emplear las herramientas Lean para amortiguar en las causas encontradas en el almacén ¿Cuál es el factor que cree usted se deba controlar con mayor prioridad para evitar los desperdicios? Puede escoger más de 1

☐ Humedad

☐ Mala gestión de materiales

☐ Falta de limpieza

☐ Inventario mal realizado

☐ Instalaciones no adecuadas

☐ Otro: Añadir opción

5. ¿Considera usted que, el personal recibe cursos o capacitación en relación al control de inventarios?

☐ Si

☐ No

☐ Tal vez

6. ¿Considera usted que, se respetan las normas de trabajo en relación al cuidado de materiales, orden y limpieza?

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Guía de limpieza 5s

Figura 57

Guía de Limpieza 5s

Guía de limpieza 5s											
Objetivo: Implementar un conjunto de procedimientos y normas con la finalidad de evitar percances en relación a la salubridad y llegar a conservar un espacio de trabajo limpio y saludable.											
Política de limpieza -Conservar la higiene de manos, esto ayudaría a reducir la tasa de infección en relación al COVID-19, por ello, es necesario la limpieza de manos constantemente con el uso de: alcohol en gel, toallas descartables y jabón. -Al ingresar al centro de trabajo, los colaboradores deben desinfectarse las manos con alcohol en gel el cual está ubicado en la entrada de la empresa (recepción) con el fin de prevenir el contagio del COVID-19. -Realizar reuniones y/o capacitaciones en relación al orden y la limpieza de los espacios de trabajo para mantener una cultura saludable y ordenada. -Las soluciones de limpieza deben ser reconocidas y ubicadas fácilmente para el personal de trabajo. -A la hora de realizar actividades de limpieza, utilizar los instrumentos y ropa adecuada (guantes, lentes, cubre bocas, etc.). -Todo lo que es material de limpieza debe estar almacenado de manera segura. -No realizar tareas de limpieza durante el proceso de fabricación de transformadores debido a que, si el agua o algún líquido llegase a tocar los transformadores puede haber un corto circuito o gastar su vida útil. -Los tachos de basura deben ser utilizados e identificados por el personal. -Los colaboradores deben precaver y comprometerse en conservar su espacio de trabajo limpio y ordenado.	Funciones de los responsables de limpieza El personal que esté encargado de la limpieza, debe conservar los espacios ordenados y limpios. Asimismo, botar los residuos generados por las áreas de trabajo. A continuación mencionaremos las siguientes tareas específicas: -Desinfectar y limpiar los pisos utilizando productos de limpieza con el fin de evitar el polvo y suciedad. -Limpiar los equipos del área de producción para evitar que se empolven. Asimismo, tomar las prevenciones adecuadas para evitar que se dañe. -Limpiar las estanterías de metal con productos de limpieza especial para evitar que se oxide y este dañe la mercancía. -Realizar un registro de las actividades de limpieza que se ejecutaron durante la semana. -Solicitar la compra de material de limpieza en caso sea necesario. -Limpiar las paredes, ventanas, mesas de trabajo, entre otras mas. Con el fin de evitar la propagación del polvo y la suciedad.										
	Equipo de seguridad Para la ejecución de actividades de limpieza se utilizaran los siguientes materiales:										
	<table><tr><th>Material</th><th>Uso</th></tr><tr><td>Guantes</td><td>Un par para cada tipo de zona.</td></tr><tr><td>Cubre bocas</td><td>Usar una unidad por cada tipo de zona</td></tr><tr><td>Lentes de seguridad</td><td>Usar lentes para evitar el polvo u otro agente atmosférico</td></tr><tr><td>Botas de PVC</td><td>Usar un par para evitar cortes y suciedad.</td></tr></table>	Material	Uso	Guantes	Un par para cada tipo de zona.	Cubre bocas	Usar una unidad por cada tipo de zona	Lentes de seguridad	Usar lentes para evitar el polvo u otro agente atmosférico	Botas de PVC	Usar un par para evitar cortes y suciedad.
	Material	Uso									
	Guantes	Un par para cada tipo de zona.									
	Cubre bocas	Usar una unidad por cada tipo de zona									
	Lentes de seguridad	Usar lentes para evitar el polvo u otro agente atmosférico									
	Botas de PVC	Usar un par para evitar cortes y suciedad.									

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Presupuesto de tesis

Tabla 38

Presupuesto de la tesis

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
GASTOS FIJOS				
Asesoría especializada UTP	Meses	4	S/. 850.00	S/. 3,400.00
Internet	Meses	4	S/. 69.90	S/. 279.60
Teléfono (plan)	Meses	4	S/. 64.90	S/. 259.60
Asesor Lean Six Sigma Black Belt	Unidades	5	S/. 69.90	S/. 349.50
Luz	Meses	4	S/. 80.00	S/. 320.00
TOTAL				S/. 4,608.70
GASTOS VARIABLES				
Viático (alimentación)	Días	20	S/. 9.00	S/. 180.00
Transporte	Días	20	S/. 18.00	S/. 360.00
Fotocopias	Unidades	50	S/. 0.10	S/. 5.00
Imprevistos	Unidades	-	-	S/. 250.00
TOTAL				S/. 795.00
EQUIPAMIENTO				
Laptop Intel Core I5 8va Gen, 8gb ram	Unidades	1	S/. 1,999.90	S/. 1,999.90
Mouse Logitech	Unidades	1	S/. 29.90	S/. 29.90
Celular Iphone 11, 64 gb	Unidades	1	S/. 3,492.00	S/. 3,492.00
Pendrive 8gb	Unidades	1	S/. 49.90	S/. 49.90
TOTAL				S/. 5,571.70
TOTAL PRESUPUESTO				S/. 10,975.40

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Cronograma de tesis

Figura 58

Cronograma de tesis

Actividades		Diciembre				Enero				Febrero				Marzo			
Semanas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Elección del tema																
2	Revisión de Planteamiento del problema																
2.1	Elaboración del capítulo 1																
3	Elaboración del capítulo 2																
3.1	Revisión de Marco Teórico																
4	Elaboración del capítulo 3																
4.2	Elaboración de los instrumentos																
4.3	Ajuste de los instrumentos																
5	Trabajo de campo																
5.1	Recolección de los datos																
5.2	Realización de las entrevistas																
5.3	Reuniones y capacitaciones con el gerente general y operarios																
5.4	Procesamiento de la información																
6	Elaboración del capítulo 4																
7	Elaboración del capítulo 5																
8	Revisión de bibliografía																
9	Revisión del informe final																
10	Corrección del Informe																
11	Sustentación del informe final																

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Capacitación Lean Six Sigma (DMAIC)

Figura 59

Capacitación Lean Six Sigma (DMAIC)



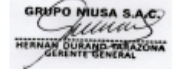


Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Acta de capacitación Lean Six Sigma

Figura 60

Acta de capacitación Lean Six Sigma

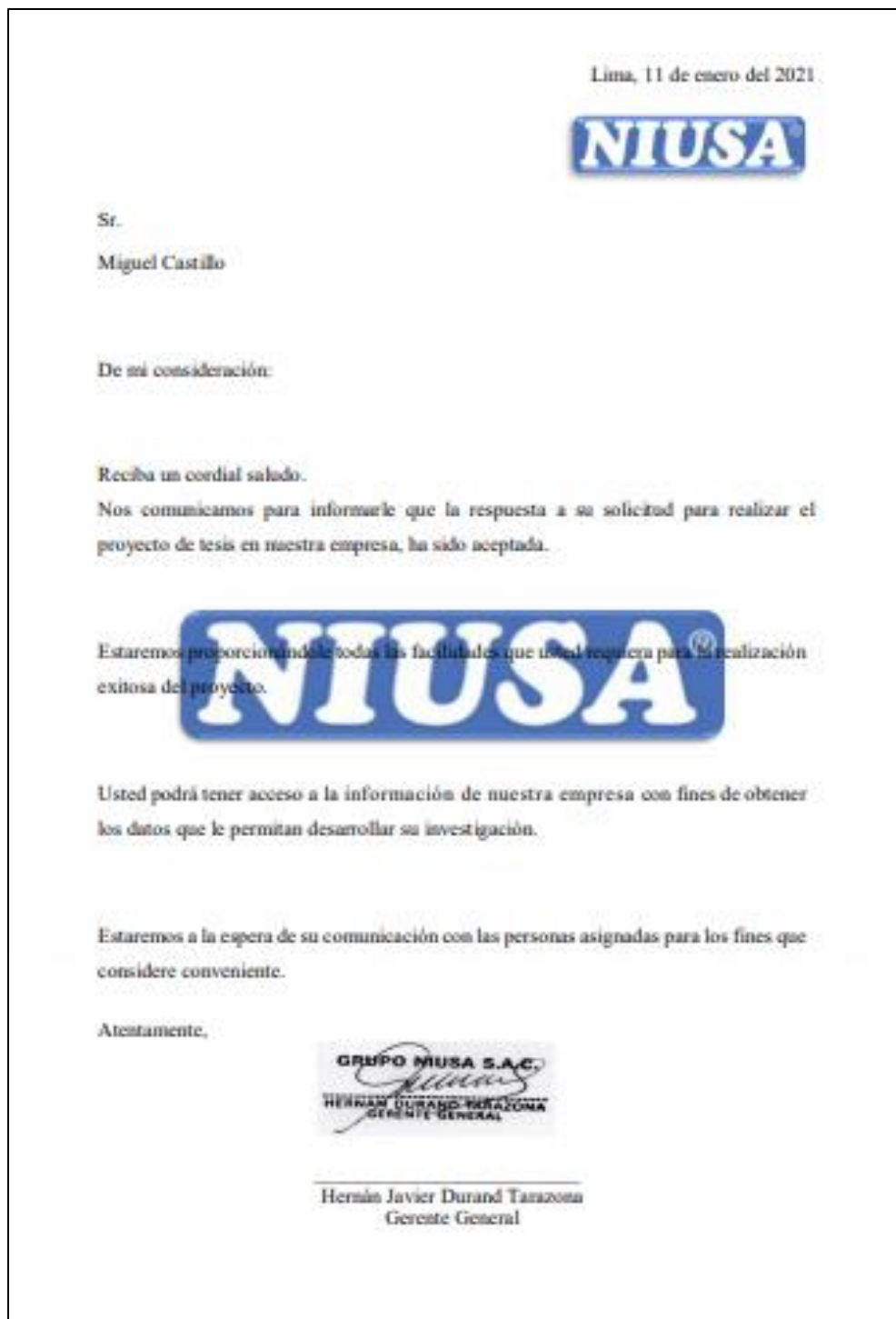
<p style="text-align: right;">Versión: 01 Fecha: 18/02/2021</p> <div style="text-align: center; margin: 20px 0;">  </div> <p style="text-align: center;">Primera capacitación Lean Six Sigma Acta de Reunión</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Proyecto: Implementación de la Metodología Lean Six Sigma para reducir costos de producción en el proceso de fabricación de transformadores de baja tensión en la empresa GRUPO NIUSA S.A.C.</td> <td style="width: 40%;">Lugar de la Reunión: Sala de junta Fecha: 15/02/2021</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Elaborado por: Miguel Castillo Fecha: 18/02/2021</td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Objetivos principales de la reunión:</p> <ul style="list-style-type: none"> Conocer los conceptos de la cultura Lean Six Sigma. Conocer los avances respecto a la implementación DMAIC. Conocer los conceptos de las 5s. Identificar las actividades que generan valor en la organización y eliminar las que no. Identificar los factores que afectan a la rentabilidad de la empresa. Definición de funciones respecto a las 5s. </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Desarrollo de la reunión:</p> <p>El responsable de la implementación Lean Six Sigma Miguel Castillo, realizó el correspondiente saludo y bienvenida al grupo de trabajo, y dio inicio a la primera capacitación Lean Six Sigma el día 15 de febrero del 2021 a las 12:30 p.m. en la sala de junta ubicada en el segundo piso de la empresa GRUPO NIUSA S.A.C., corroborando una correcta comunicación entre los participantes. Una vez terminado la capacitación, se procedió a realizar la asignación de funciones de trabajo a los colaboradores de la empresa en relación a las actividades de las 5s.</p> </div>	Proyecto: Implementación de la Metodología Lean Six Sigma para reducir costos de producción en el proceso de fabricación de transformadores de baja tensión en la empresa GRUPO NIUSA S.A.C.	Lugar de la Reunión: Sala de junta Fecha: 15/02/2021	Elaborado por: Miguel Castillo Fecha: 18/02/2021		<p style="text-align: center;">HOJA DE CONTROL</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Proyecto</td> <td>Implementación de la Metodología Lean Six Sigma para reducir costos de producción en el proceso de fabricación de transformadores de baja tensión en la empresa GRUPO NIUSA S.A.C.</td> </tr> <tr> <td>Entregable</td> <td>Acta de Reunión Lean Six Sigma</td> </tr> <tr> <td>Autor</td> <td>Grupo Niusa S.A.C.</td> </tr> <tr> <td>Versión/Edición</td> <td>01</td> </tr> <tr> <td>Nº Total de Páginas</td> <td>02</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">LISTA DE CONVOCADOS</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nombre y Apellidos</th> <th>Puesto</th> <th>ASISTE (SI/NO)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HERNAN JAVIER DURAND TARAZONA</td> <td>Gerente General</td> <td>SI</td> </tr> <tr> <td>CARLOS NACION VELASQUEZ</td> <td>Técnico Electrónico</td> <td>SI</td> </tr> <tr> <td>PEDRO ALBERTO SANCHEZ PAULINO</td> <td>Asistente de Almacén</td> <td>SI</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 30px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Firma líder del proyecto: Miguel Castillo</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Firma Gerente General: Hernán Durand</p> </div> </div>	Proyecto	Implementación de la Metodología Lean Six Sigma para reducir costos de producción en el proceso de fabricación de transformadores de baja tensión en la empresa GRUPO NIUSA S.A.C.	Entregable	Acta de Reunión Lean Six Sigma	Autor	Grupo Niusa S.A.C.	Versión/Edición	01	Nº Total de Páginas	02	Nombre y Apellidos	Puesto	ASISTE (SI/NO)	HERNAN JAVIER DURAND TARAZONA	Gerente General	SI	CARLOS NACION VELASQUEZ	Técnico Electrónico	SI	PEDRO ALBERTO SANCHEZ PAULINO	Asistente de Almacén	SI
Proyecto: Implementación de la Metodología Lean Six Sigma para reducir costos de producción en el proceso de fabricación de transformadores de baja tensión en la empresa GRUPO NIUSA S.A.C.	Lugar de la Reunión: Sala de junta Fecha: 15/02/2021																										
Elaborado por: Miguel Castillo Fecha: 18/02/2021																											
Proyecto	Implementación de la Metodología Lean Six Sigma para reducir costos de producción en el proceso de fabricación de transformadores de baja tensión en la empresa GRUPO NIUSA S.A.C.																										
Entregable	Acta de Reunión Lean Six Sigma																										
Autor	Grupo Niusa S.A.C.																										
Versión/Edición	01																										
Nº Total de Páginas	02																										
Nombre y Apellidos	Puesto	ASISTE (SI/NO)																									
HERNAN JAVIER DURAND TARAZONA	Gerente General	SI																									
CARLOS NACION VELASQUEZ	Técnico Electrónico	SI																									
PEDRO ALBERTO SANCHEZ PAULINO	Asistente de Almacén	SI																									

Fuente: Elaboración de la empresa en estudio

Anexo 7: Acta de autorización de recopilación de datos

Figura 61

Acta de autorización de recopilación de datos






Fuente: Elaboración de la empresa en estudio

Anexo 8: Acta de reunión para la selección de la metodología a implementar

Figura 62

Acta de reunión para la selección de la metodología

Version: 01 Fecha: 12/02/2021															
															
Acta de reunión de trabajo para la selección de la metodología a emplear para la reducción de costos de producción en el proceso de fabricación de transformadores B.T.															
<p>Siendo las 11:30 a.m. del día jueves 12 de febrero del año 2021, en el ambiente de la empresa Grupo Niusa S.A.C., se inicia la reunión de trabajo con el gerente general y los colaboradores con el fin de conocer los factores que afectan a la empresa, la metodología a escoger usando la matriz de priorización y determinar las funciones a realizar para la implementación. De igual importancia, se menciona los colaboradores que asistieron a la reunión:</p> <ul style="list-style-type: none">• HERNAN JAVIER DURAND TARAZONA, DNI: 09036429 (Gerente General)• PEDRO ALBERTO SANCHEZ PAULINO, DNI: 08717601 (Almacenero)• CARLOS NACION VELASQUEZ, DNI: 42270146 (Técnico) <p>PRIMERO. – El líder del proyecto Miguel Castillo, expresa que, de acuerdo al estudio realizado en los procesos de la empresa para la fabricación de transformadores, recomienda realizar un diagnóstico de los procesos con el fin de conocer la causa raíz del aumento de costos de producción, luego se procede a realizar las funciones necesarias para amortiguar en ellas, asimismo, desarrollar las capacitaciones adecuadas para la implementación Lean Six Sigma.</p> <p>SEGUNDO. - Se consulta a todos los presente, acordando esperar 15 minutos, para que los demás integrantes del Equipo Técnico, se apersonen a la reunión.</p> <p>TERCERO. - Transcurrido el tiempo de tolerancia otorgado a los miembros ausentes a la reunión, se acuerda continuar con la misma.</p>															
<p>CUARTO. – El líder del proyecto sustenta cada uno de los criterios a considerar en la Matriz de Priorización, que se resume:</p> <table border="1"><thead><tr><th>Criterios (Ventajas competitivas)</th><th>Descripción</th></tr></thead><tbody><tr><td>Costo</td><td>Contar con una metodología con el fin de reducir costos, de manera que dé resultados óptimos, usando recursos de costo mínimo y ejecutando eficientemente el proceso.</td></tr><tr><td>Duración</td><td>Emplear instrumentos que ayuden a mejorar la productividad a corto plazo.</td></tr><tr><td>Confianza</td><td>Mantener el rango de entrega de los productos en relación al tiempo, asimismo, conservar la calidad de los productos.</td></tr><tr><td>Innovación</td><td>Diseñar nuevos procesos que otorgue programas eficientemente la producción del producto, con el fin de fabricar más productos en un tiempo razonable.</td></tr><tr><td>Calidad</td><td>Los productos deben adecuarse a los requisitos del cliente con el fin de lograr una superioridad competitiva en relación a la calidad con respecto a las otras organizaciones.</td></tr><tr><td>Cultura</td><td>La metodología a ejecutar debe generar una cultura organizacional óptima con la finalidad de potenciar la productividad y el rendimiento universal de la empresa.</td></tr></tbody></table> <p>Asimismo, se dio 3 alternativas de implementación las cuales son:</p> <ul style="list-style-type: none">• Lean Six Sigma• QRM• TQM <p>QUINTO. - Después de las liberaciones del caso, se aprueba los criterios de la Matriz de Priorización, siendo Lean Six Sigma la implementación escogida para el caso.</p> <p>Siendo las 12:15 a.m. del día 12 de febrero de 2021, se da por concluida la presente reunión.</p>		Criterios (Ventajas competitivas)	Descripción	Costo	Contar con una metodología con el fin de reducir costos, de manera que dé resultados óptimos, usando recursos de costo mínimo y ejecutando eficientemente el proceso.	Duración	Emplear instrumentos que ayuden a mejorar la productividad a corto plazo.	Confianza	Mantener el rango de entrega de los productos en relación al tiempo, asimismo, conservar la calidad de los productos.	Innovación	Diseñar nuevos procesos que otorgue programas eficientemente la producción del producto, con el fin de fabricar más productos en un tiempo razonable.	Calidad	Los productos deben adecuarse a los requisitos del cliente con el fin de lograr una superioridad competitiva en relación a la calidad con respecto a las otras organizaciones.	Cultura	La metodología a ejecutar debe generar una cultura organizacional óptima con la finalidad de potenciar la productividad y el rendimiento universal de la empresa.
Criterios (Ventajas competitivas)	Descripción														
Costo	Contar con una metodología con el fin de reducir costos, de manera que dé resultados óptimos, usando recursos de costo mínimo y ejecutando eficientemente el proceso.														
Duración	Emplear instrumentos que ayuden a mejorar la productividad a corto plazo.														
Confianza	Mantener el rango de entrega de los productos en relación al tiempo, asimismo, conservar la calidad de los productos.														
Innovación	Diseñar nuevos procesos que otorgue programas eficientemente la producción del producto, con el fin de fabricar más productos en un tiempo razonable.														
Calidad	Los productos deben adecuarse a los requisitos del cliente con el fin de lograr una superioridad competitiva en relación a la calidad con respecto a las otras organizaciones.														
Cultura	La metodología a ejecutar debe generar una cultura organizacional óptima con la finalidad de potenciar la productividad y el rendimiento universal de la empresa.														
 Firma del líder del proyecto Miguel Castillo	 Firma del Gerente General Hernán Durand														

Fuente: Elaboración de la empresa en estudio

Anexo 9: Procedimiento del avance de las acciones de mejora



